1842. ANNALEN No. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVII.

I. *Ueber die Pfeifen mit häutigen Wänden. Eine akustische Untersuchung*

von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius in Leipzig.

Lange schon wufste man, dafs Waldhörner, Trompeten, Posaunen und metallene Labialpfeifen, sobald ein Theil ihrer Wandung so dünn ist, dafs er nach Art einer gespannten Haut schwingen kann, andere Töne geben, als ihnen ihren Dimensionen nach zukommen.

Hr. Felix Savart nun entdeckte, dafs Labialpfeifen mit häutiger Wandung ebenfalls andere, und zwar — seiner Erfahrung nach — tiefere Töne geben, als ihnen ihren Dimensionen nach zukommen. Eine sehr dankenswerthe Bereicherung für die Akustik. Ja auch für die Physiologie der Stimme ist diese Entdeckung vielversprechend. Die Ergebnisse seiner Forschungen hierüber theilte er mit in einer Abhandlung über die menschliche Stimme, in den *Annales de chimie et de physique, par MM.* Gay-Lussac *et* Arago, *T. XXX*, 1825, *p.* 64 bis 87.

Da finden sich aber folgende Widersprüche:

Nach Seite 74 oben ist bei Pfeifen mit elastischen Wänden, wenn die elastischen Wände straff gespannt sind, der Ton fast so hoch (also doch tiefer), als er bei starren Wänden seyn würde; und, vermindert man nach und nach die Spannung der Wände, so sinkt, wie die Spannung nachläfst, der Ton immer mehr und wohl über zwei Octaven herab; ja, der Einflufs der Wände auf die Anzahl der Schwingungen ist, nach Seite 73 unten und 74 oben, so grofs, dafs es scheint, als lasse sich dadurch der Ton in's Unendliche vertiefen.

Dagegen nach S. 85 (bei der Menschenstimme, die

er eben nach der Analogie membranöswandiger Labialpfeifen zu erklären sucht) vermehrt die Röhre mit den membranösen Wänden nicht die Anzahl der Töne, sondern sie verstärkt nur die tieferen, und, so oft die ausdehnbaren Theile die zu dem beabsichtigten Tone erforderliche Spannung nicht annehmen können, so entstehen die Töne unabhängig von der in der Röhre befindlichen Luft.

Das widerspricht sich dermafsen, dafs von den darin enthaltenen Gedanken immer einer den anderen verneint. Denn, wenn, nach Seite 74 oben, der Ton der Pfeife, bei straff gespannten Wänden, fast so hoch, also doch tiefer, als bei steifen Wänden, ist, und mit abnehmender Spannung der Wände immer mehr, wohl über zwei Octaven, herabsinkt, so ist das nicht blofs eine Verstärkung, sondern allerdings eine Vermehrung, eine beträchtliche Vermehrung der tieferen Töne. Geht nun, nach Seite 73 unten und 74 oben, diese Vertiefung durch Erschlaffen der Wände gar in's Unendliche, so kann niemals der Fall eintreten, dafs die Pfeife irgend einen Ton, wegen unzureichender Spannung der Wände, von diesen unabhängig erzeugt, sondern, bei jeder auch noch so geringen Spannung der Wände, müssen diese den Ton der Pfeife vertiefen, und zwar gerade desto mehr, je geringer die Spannung ist. Und wiederum, wenn, nach Seite 85, der Fall eintreten kann, dafs gewisse Töne, wegen unzureichender Spannung der Wände, von diesen unabhängig entstehen, so geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Wände nicht in's Unendliche, wie es doch, nach Seite 73 unten und auch wiederum nach Seite 74 oben, der Fall seyn sollte. Wenn endlich gar, nach Seite 85, die Röhre mit den ausdehnbaren Wänden die Anzahl der Töne nicht vermehrt, sondern nur die tieferen verstärkt, so fällt die angebliche Entdeckung von der tonvertiefenden Eigenschaft membranöser Pfeifenwände ganz und gar weg.

Zu diesen Widersprüchen kommen aber auch noch beträchtliche Lücken, indem Hr. S. mehrere wichtige Punkte theils zu wenig, theils gar nicht berücksichtigt hat. Will man nun hier zur Wahrheit gelangen, und also die Widersprüche berichtigt und die Lücken ausgefüllt sehen, so mufs man das Ganze von Neuem untersuchen, und sich dabei folgende Fragen vorlegen.

A. Zur Berichtigung der Widersprüche.

1) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wandung tiefer, als bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen?

2) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wandung desto tiefer, je schlaffer die Membran?

3) Geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membran bis über zwei Octaven?

4) Geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membran in's Unendliche?

5) Oder kann der Fall eintreten, dafs eine Labialpfeife mit membranöser Wandung, wegen unzureichender Spannung der Membran, von dieser unabhängige Töne erzeugt?

6) Oder bewirkt die Membran gar keine Tonvertiefung?

B. Zur Ausfüllung der Lücken.

7) Wenn die Vertiefung durch Erschlaffen der Membran zwar stattfindet, aber nicht in's Unendliche geht: welcher Grad der Erschlaffung ist dann die Gränze der Vertiefung?

8) Wenn die Erschlaffung diese Gränze überschreitet: wie ist dann überhaupt das Verhalten der Pfeife?

9) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wandung allemal tiefer, niemals eben so hoch oder höher, als bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen?

10) Wie verhält sich dabei die Stimmung der Membran oder der mehreren Membranen in der Pfeifenwandung?

11) Ist die Stimmung der Membranen in und aufser der Verbindung mit der Pfeife, bei unveränderter Spannung, auch verschieden?

12) Wenn das ist, wie verhält sich die Stimmung membranöswandiger Pfeifen und ihrer membranösen Wandung zu der Stimmung der Membran oder der mehreren Membranen an und für sich, und zu der Stimmung der Pfeifen bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen?

13) Macht, bei einer gegebenen Stimmung der Membranen an und für sich, auch die gröfsere oder kleinere Masse der Membran einen Unterschied in der Umstimmung der Pfeife, und welchen?

14) Machen die kurzen und die langen Pfeifen einen Unterschied dabei, und welchen?

15) Machen die Labial- und die Zungenpfeifen einen Unterschied dabei, und welchen?

Zur Beantwortung dieser Fragen stellte ich folgende Versuche an.

Ich liefs mir von einem Orgelbauer eine Anzahl Labialpfeifen verfertigen, und zwar für's Erste sechs vierseitig prismatische, alle 9 Par. Zoll lang (vom Labium bis zum Ausgange gerechnet) und 18 Linien breit, nach Hrn. Savart's eigener Angabe.

No. 1 ganz von Holz.

No. 2 die untere Hälfte der Labialseite und das Labium selbst von dünnem Pergament, das Uebrige von Holz. Der untere Rand der Membran frei (als Labium), die übrigen drei Ränder angeleimt.

No. 3 die obere Hälfte der Labialseite von dünnem Pergament, das Uebrige von Holz. Der obere Rand der Membran frei, die übrigen drei Ränder angeleimt.

No. 4 die ganze obere Hälfte des Rohres auf allen vier Seiten von dünnem Pergament, nur mit dünnen höl-

zernen Ecken unterstützt, das Uebrige ganz von Holz. Jede der vier Membranen an ihrem oberen Rande frei, mit den übrigen drei Rändern angeleimt.

No. 5 die ganze untere Hälfte des Rohres auf allen vier Seiten, und das Labium selbst, von dünnem Pergament, nur mit dünnen hölzernen Ecken unterstützt, das Uebrige ganz von Holz. Der untere Rand der vorderen Membran frei (als Labium), alle übrigen Ränder der vier Membranen angeleimt.

No. 6 das ganze Rohr auf allen vier Seiten, und das Labium selbst, von dünnem Pergament, nur mit dünnen hölzernen Ecken unterstützt, das Uebrige ganz von Holz. Der obere und untere Rand der vorderen Membran frei (letzterer als Labium), alle übrigen Ränder der vier Membranen angeleimt.

Die erste gebrauchte ich, um zu sehen, welche Tonhöhe der schwingenden Luftmasse an und für sich, zufolge ihrer Dimensionen, zukomme, und zu vergleichen, wie diese Tonhöhe zu der der Pergamentpfeifen sich verhalte. Bei den Pergamentpfeifen untersuchte ich allemal den Ton, welchen das Pergament beim Anschlagen; und den Ton, den die Pfeife beim Anblasen gab, um das gegenseitige Verhältnifs beider zu beobachten. Der Kürze wegen nenne ich den Grundton der Pfeife, beim Anblasen, Blaston, und den Grundton der Membran, beim Anschlagen, Schlagton. Beide, den Schlagton und den Blaston, untersuchte ich allemal erst bei trocknem, dann bei mehr oder minder benetztem Pergamente, und in beiderlei Fällen erst bei ungedackter, dann bei gedackter Pfeife. Sämmtliche Untersuchungen wiederholte ich öfters. Die Ergebnisse folgen nach den Nummern der Pfeifen. Die Angaben der Tonhöhe sind nach Kammerton zu verstehen. Das Pluszeichen (+) bedeutet *überschwebend*, das Minuszeichen (—) *unterschwebend*.

No. 1 *ein*gestrichen *h*. (Nach Hrn. S. zweigestrichen *d*, re_4.)

No. 2. Ist die Pfeife offen, und die Membran trok-

ken und unberührt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*.

Trockner Sand oder geraspeltes Elfenbein auf die (horizontal und aufwärts gehaltene) Membran gestreut, flüchtet, bei dem Anblasen der Pfeife, wie auch bei dem Anschlagen an die Membran, nach dem oberen Rande und nach den oberen Theilen der beiden Seitenränder, und häuft sich dort an.

Drückt man das Pergament in seiner Mitte (mit einer Fingerspitze), so ist der Blaston eingestrichen *g*. Rückt man den Druck von der Mitte nach irgend einem Punkte eines der vier Ränder, gleichviel, ob auf-, ab- oder seitwärts, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *g* bis eingestrichen *d*. Rückt man den Druck von irgend einer Stelle der vier Ränder bis zur Mitte, so steigt die Stimmung allmälig von eingestrichen *d* bis eingestrichen *g*. Aufgestreuter Sand häuft sich theils an dem oberen Rande und den oberen Theilen der beiden Seitenränder, theils um den drückenden Körper. Der Schlagton ist dabei immer dem Blastone gleich, das Anschlagen an die Membran geschehe um die Druckstelle herum, wo man wolle; ist der Druck zwischen der Mitte und dem Rande, so geschah das Anschlagen auf der schmalen oder auf der breiten Seite der Membran, der Schlagton ist auf beiden Seiten einerlei, und einerlei mit dem Blastone.

Drückt man die Membran auf *zwei* Punkten, sie mögen noch so verschiedentlich gelegen seyn, nur nicht ganz nahe am Rande oder ganz nahe an einander, so ist die Stimmung eingestrichen *a*. Rückt man beiderlei Druck dem Rande zu, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *a* bis eingestrichen *d*. Rückt man beiderlei Druck dem Mittelpunkte der Membran zu, und vereint ihn da, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *a* bis eingestrichen *g*.

Drückt man eine Hälfte der Membran, es sey die

obere oder die untere Hälfte, eine seitliche oder eine schiefe (mittelst Diagonaltheilung), so ist die Stimmung eingestrichen *g*. Drückt man drei Viertheile der Membran, so ist die Stimmung eingestrichen *a*. Drückt man die ganze Membran, so ist die Stimmung eingestrichen *h*. Verbreitet man den Druck von irgend einer Randstelle an auf die ganze Membran, so steigt die Stimmung allmälig von eingestrichen *d* bis eingestrichen *h*.

Gedackt giebt die Pfeife bei unberührter Membran ungestrichen *gis*, bei dem Drucke im Mittelpunkte der Membran ungestrichen *b*, bei dem Drucke an zwei Punkten ungestrichen *h*, bei dem Drucke einer Hälfte ungestrichen *b*, bei dem Drucke dreier Viertheile ungestrichen *b*, etwas überschwebend, bei dem Drucke auf die ganze Membran ungestrichen *h*. Bei dem Rücken des Druckes geschieht der Uebergang der Stimmung ebenfalls allmälig.

Durch längeres oder öfteres Drücken, desgleichen auch durch öfteres Schlagen des Pergaments wird die Stimmung in allen obigen Fällen, nur nicht das *h* beim Bedecken des Pergaments, um einen halben bis ganzen Ton erhöht, doch nur auf einige Minuten.

Benetzt man das Pergament mit Wasser, so wird die Stimmung von Augenblick zu Augenblick immer tiefer und tiefer, und sinkt in wenig Augenblicken gegen eine Quinte. Dann aber spricht die Pfeife gar nicht mehr an.

Durch längeres oder öfteres Einblasen des Athems wird die Stimmung gegen eine Quarte tiefer, aber nur auf einige Minuten. Bei nasser Witterung wird die Stimmung gegen eine grofse Terz tiefer, wenn auch die Pfeife in einem unbewohnten, vorzüglich trockenen Zimmer, und bei verschlossenen Thüren und Fenstern aufbewahrt wird.

No. 3. Ist die Pfeife offen, und die Membran trokken und unberührt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*. Wird der Rand des Pergaments,

am Ausgange der Pfeife, ein wenig einwärts gebogen, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*. Ist die Pfeife sieben Achtel (des Calibers) gedackt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *c*. Ist sie ganz gedackt, so ist der Blaston und der Schlagton klein *f*.

Drückt man das Pergament in seiner Mitte mit einer Fingerspitze, so ist der Blaston eine kleine Terz höher, nämlich eingestrichen *as*. Rückt man den Druck auf- oder abwärts, so wird der Blaston in beiden Fällen immer tiefer. Ist der Druck nahe am oberen oder unteren Rande des Pergaments, so ist der Blaston eingestrichen *f*, wie ohne Druck. Der Schlagton ist dabei immer derselbe, wie der Blaston, und zwar ober- und unterhalb des Druckes. Die Sandversuche verhalten sich wie bei No. 2.

Bedeckt man das ganze Pergament mit den Fingern, so giebt die Pfeife, angeblasen, eingestrichen *h*, wie No. 1.

Durch längeres oder öfteres Drücken des Pergaments und durch öfteres Schlagen desselben wird der Ton in allen diesen Fällen, nur nicht das *h* beim Bedecken des Pergaments, um einen halben oder ganzen Ton erhöht, aber nur auf einige Zeit.

Benetzt man das Pergament mit Wasser, so wird der Ton von Augenblick zu Augenblick immer tiefer und tiefer, aber auch zugleich immer schwächer und dumpfer, und sinkt in wenigen Augenblicken gegen eine Quinte. Dann aber auf einmal giebt die Pfeife nichts weiter an, als zweigestrichenes *c*, aber sehr heiser.

Bedeckt man nun das ganze Pergament mit den Fingern, so giebt die Pfeife, angeblasen, wieder das helle eingestrichene *h*, wie No. 1.

No. 4. Trocken und ungedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *a*. Gedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *A*. Beide Töne aber sehr schwach und dumpf. Benetzt man ein Pergament, so wird der Ton einen halben bis ganzen

Ton tiefer, aber immer leiser. Benetzt man alle vier Pergamenttafeln, so wird der Ton von Augenblick zu Augenblick immer tiefer bis gegen eine Quinte. Dann aber auf einmal giebt die Pfeife nichts weiter an, als zweigestrichenes *d*, sehr heiser.

No. 5. Trocken und ungedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *e*. Gedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *H*. Beides, *e* und *H*, sehr schwach und dumpf.

Durch öfteres Anschlagen der Membran wird jenes *e* und *H* um einen halben oder ganzen Ton erhöht, durch öfteres Blasen aber nicht nur auf die vorige Tonhöhe zurück, sondern auch noch einen halben bis ganzen Ton darunter gebracht.

Benetzt man die Membranen, so sinkt der Ton schnell gegen eine grofse Terz, verschwindet dann ganz, und die Pfeife spricht nicht mehr an.

No. 6 spricht auf das Blasen gar nicht an. Der Schlagton ist hier an der vorderen Membran *A*, an der hinteren *gis*, an der rechten *c*, an der linken *d*, alle vier sehr dumpf und schwer zu unterscheiden.

Auffallend ist bei diesen Versuchen die Uebereinstimmung des Schlagtons mit dem Blastone bei so verschiedener Behandlung des Pergaments und der übrigen Pfeifenröhre. Auffallend ist diese Uebereinstimmung schon bei den beiden einhäutigen Pfeifen *N.* 2 und 3, noch auffallender aber bei den beiden vierhäutigen *N.* 4 und 5. Denn hier sind die vier Membranen, bei gleicher Gröfse und Dicke, in sehr verschiedener Spannung aufgeleimt, eine sehr straff, eine andere wieder sehr schlaff, und doch geben sie alle vier einerlei Schlagton, und diesen wieder übereinstimmend mit dem Grundton, den die Pfeife beim Anblasen giebt.

Wir sehen ferner, dafs der Ton, den die Pfeife ohne Membran hat (siehe No. 1), durch die Membran abgeändert wird. Wir sehen aber auch, dafs anderer-

seits der Ton der Membran, und, bei den vierhäutigen Pfeifen, der Ton aller vier Membranen durch die Pfeife abgeändert wird. Denn anders ist der Membranton bei offener, anders bei theilweiser, anders bei ganz gedackter Pfeife.

Aus dem Allen ergiebt sich, dafs, bei solchen theilweise mit Membran besetzten Labialpfeifen, die Luftsäule und die Membranen die verschiedenen Geschwindigkeiten in der Nacheinanderfolge der Schwingungen, welche jedes für sich allein anzunehmen strebt, unter einander ausgleichen, und eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit zusammen annehmen.

Wir haben also 1) *die eigenthümliche Stimmung der Pfeife*, bei durchaus starren Wänden; 2) *die eigenthümliche Stimmung der Membranen*, bei ihrer Absonderung von der Pfeife; 3) *die gemeinschaftliche Stimmung der Pfeife und der Membranen*, bei ihrer gegenseitigen Verbindung.

Soll nun ein bestimmteres Resultat aus diesen Untersuchungen hervorgehen, so ist es nicht genug, die gemeinschaftliche Stimmung mit der eigenthümlichen der Pfeife zu vergleichen, sondern auch die eigenthümliche der Membranen mufs in den Vergleich gezogen werden; man mufs erforschen, wie die gemeinschaftliche sich verhält, je nachdem die eigenthümliche der Membranen entweder mit der eigenthümlichen der Pfeife gleich, oder wenn dieses oder jenes Intervall über oder unter ihr ist.

Es ist zwar vorauszusetzen:

1) wenn die eigenthümlichen Stimmungen gleich sind, wird auch die gemeinschaftliche dieselbe seyn;

2) wenn die gemeinschaftlichen Stimmungen ungleich sind, wird die gemeinschaftliche dazwischen liegen;

3) je weiter die eigenthümlichen Stimmungen von einander entfernt sind, desto weiter wird die dazwischenliegende gemeinschaftliche von ihnen entfernt seyn;

4) je gröfser bei einer gegebenen ungleichen Stim-

mung die Masse der Membranen ist, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Membranen und desto entfernter von der eigenthümlichen der Pfeife wird die gemeinschaftliche seyn;

5) je kleiner, bei einer gegebenen ungleichen Stimmung, die Masse der Membranen ist, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Pfeife, und desto entfernter von der eigenthümlichen der Membranen wird die gemeinschaftliche seyn.

Das alles ist zwar vorauszusetzen. Sicherer aber ist, es zu versuchen.

Zu diesem Behufe bedarf es membranöswandiger Labialpfeifen von verschiedener Länge, so eingerichtet, dafs die membranösen Wände, ihrer Spannung unbeschadet, aus der Pfeife herausgenommen, hier durch starre Wände ersetzt, und dann die Membranen, jede für sich, so wie auch die Pfeifen, jede für sich, rücksichtlich ihrer Stimmung, untersucht werden können.

Und damit die Membranen in irgend einer Stimmung so lange erhalten werden können, als zu solchen ausführlicheren und genaueren Versuchen nöthig ist, so darf das Anblasen der Pfeifen nicht mittelst des Mundes geschehen, weil durch die Feuchtigkeit des Athems die Spannung und Stimmung der Membranen gar zu veränderlich wird.

Ich liefs mir daher folgenden Apparat machen.

1) Eine hölzerne vierseitige Labialpfeife in zweigestrichenem *c* Kammerton. Ihr Kanal ist 6 Zoll $4\frac{1}{4}$ Lin. Par. Maafs lang, und auf zwei Seiten 2 Zoll 10 Linien, auf den andern beiden Seiten 3 Zoll breit. Diese Breite war nöthig, wegen des Folgenden. Zwei Wände sind so eingerichtet, dafs sie, jede allein, herausgenommen und winddicht wieder eingesetzt werden können.

2) Zwei andere in die Stellen jener beiden winddicht passende Wände aus länglich viereckigem, in Rahmen geleimtem Pergamente, so, dafs sie, jede von der

anderen und von der Pfeife abgesondert, hinsichtlich ihrer Stimmung, geprüft werden können.

3) Vierzehn hölzerne Röhrenaufsätze, so, dafs die Holzpfeife abwechselnd die diatonische Tonleiter von $\overline{\overline{c}}$ bis c herab gestimmt werden kann, und also für funfzehn Pfeifen hiebei dient.

4) Ein Orgelgebläse, bestehend aus einem Blasebalge, einem Gestelle und einem Windkanale, in dessen Seitenöffnungen Pfeifen eingesetzt werden können.

Von den funfzehn Tönen der Holzpfeife gebrauchte ich hier nur den obersten, mittelsten und untersten, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{c}$, c, weil diese zur Lösung der Aufgabe vollkommen hinreichen.

Jeden Versuch machte ich erst mit einer, dann mit zwei Membranen, und in beiden Fällen erst ungedackt (mit offenem Ausgangsende), dann gedackt (mit bedecktem Ausgangsende).

Die Benennung *Grundton* ist hier nicht im musikalischen, sondern im akustischen Sinne zu nehmen, und bedeutet den tiefsten Ton eines tönenden Körpers, bei seiner einfachsten Schwingung, im Gegensatze der Aliquottöne, bei seiner Schwingung in aliquoten Theilen, oder auch im Gegensatze derjenigen Töne, welche entstehen, wenn man denselben Körper nur in Einem Theile schwingen läfst.

Ergebnisse dieser Versuche.

Eigenthümlicher Grundton der Pfeife:		$\overline{\overline{c}}$	$\overline{c}$	c
Eigenthümlicher Grundton der ersten Membran:		e	e	e
Gemeinschaftlicher Grundton der Pfeife und der ersten Membran	ungedackt:	$\overline{d}$	a	c sehr matt
	gedackt:	as	c	spricht gar nicht an
Eigenthümlicher Grundton der zweiten Membran:		$e+$	$e+$	$e+$
Gemeinschaftlich. Grundton der Pfeife und beider Membranen	ungedackt:	$\overline{c}$	$g+$	c sehr matt
	gedackt:	g	$d+$ matt	spricht gar nicht an

Obige fünf Voraussetzungen finden also in diesen letzteren Versuchen ihre Bestätigung.

Versuche mit den beiden Membranen dieser Pfeife für sich allein, ohne die Pfeife:

Aufgestreuter Sand macht keine Figuren, ich mag die Membranen halten wo ich will, sie schlagen wo ich will, und aufserdem berühren und drücken wo ich will, oder auch sie gar nicht weiter berühren.

In der Mitte gedrückt, giebt ringsherum $\bar{e}$. Mittelwegs zwischen dem Mittelpunkte und dem Rande gedrückt, giebt auf der schmaleren Seite $\bar{\bar{e}}$, auf der breiten *h*. Die Durchmesser mögen nach der Länge, der Quere oder schief (diagonal) genommen werden, die Resultate sind dieselben. Rückt man den Druck von irgend einem Randtheile allmälig bis zum Mittelpunkte, so steigt der Ton allmälig (d. h. durch die kleinsten Tonunterschiede hindurch) bis zur nächst höheren Octave. Rückt man den Druck vom Mittelpunkte allmälig bis zu irgend einem Randtheile, so sinkt der Ton allmälig von der nächst höheren Octave auf den Grundton.

Rückt man den Druck allmälig von einem Randtheile bis zum entgegengesetzten, durch einen ganzen Durchmesser hindurch, über die Membran hin, so gehen, beim Anschlagen, alle Tonveränderungen allmälig.

Die Hälfte der Membran gedrückt, giebt *e* eingestrichen, die Halbirung mag nach der Länge, der Quere oder schief, nach der Diagonale gehen.

Werden drei Viertel der Membran ganz gedrückt, so giebt das übrige Viertel *e* zweigestrichen.

Alles dieses habe ich oft wiederholt [1]).

1) Wegen der ungleichen Aufspannung dieser Membranen (mit Leim) und der daher entstehenden Schwebung hält es schwer, ihren Ton zu unterscheiden. Etwas Aehnliches ist es mit den Trommeln. Selbst Musiker von sehr feinem musikalischen Gehöre behaupten, an Trommeln könne man keinen bestimmten Ton unterscheiden. Man kann sich aber helfen, indem man in irgend einem Durchmesser den Punkt

Endlich noch liefs ich mir von einem Kupferschmied, welcher in Verfertigung von Pauken als sehr geschickt bekannt ist, an die Stelle dieser beiden in Holzrahmen gefafsten Pergamenthäute ein Paar andere Einsetzer machen, die Rahmen von Metall, die Pergamenthäute nach Paukenart aufgespannt, und ringsherum metallene Schrauben zum Behufe des Stimmens, ebenfalls nach Art der Pauken. Auf diese Art gedachte ich auch höhere Membrantöne in den Vergleich zu ziehen, und überhaupt mannichfaltigere und nach Willkühr bestimmte Verhältnisse von Pfeifenton und Membranton zusammenzustellen und in ihren gemeinschaftlichen Wirkungen zu prüfen. Es schlug jedoch fehl. Der gehörige winddichte Verschlufs war dabei nicht zu Stande zu bringen. Die Pfeife sprach daher nicht an. Zudem waren diese beiden Einsetzer, ihrer Kleinheit wegen, allzu zart ausgefallen. Die Schrauben hielten die Spannung der Membranen nicht aus und gaben nach. Indessen thut das der Hauptsache keinen Abbruch. Der Zweck ist erreicht. Die Gesetze dieser Combination von Tonbildung sind, wie ich glaube, ausgemittelt, und durch Versuche, laut obiger Tabelle, bestätigt.

So die Labialpfeifen. Wie nun aber die Zungenpfeifen? Denn Hr. S. verwechselt sie, und schreibt die Vertiefung durch Convergenz und häutige Beschaffenheit der Röhrenwände, wie sie bei Labialpfeifen stattfindet, auch den kurzen Zungenpfeifen zu. Es fragt sich also:

1) Macht die Richtung der Röhrenwände bei den kurzen Zungenpfeifen einen Unterschied in der Tonhöhe, und welchen?

2) Macht die häutige Beschaffenheit der Röhren-

auf drei Viertel (des Durchmessers) niederdrückt, dadurch die Quinte zum Vorscheine bringt, und nun den Grundton und die Quinte ein Paar Mal abwechselnd angiebt. Dadurch wird der Grundton verständlicher. Doch mufs man das Ohr nahe an die Membran halten; sonst hört man freilich nur Geräusch, aber keinen Ton.

wände bei den kurzen Zungenpfeifen einen Unterschied in der Tonhöhe, und welchen?

Ich liefs mir ein Zungenpfeifen-Mundstück mit messingener Zunge und fünf darauf passende Röhren machen, das Mundstück so, dafs es verschiedentlich, und von den Röhren abgesondert, gestimmt werden kann, jede der Röhren $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll lang und im Querdurchschnitte regelmäfsig viereckig, übrigens mit folgenden Verschiedenheiten:

No. 1 mit parallelen Wänden von Holz, 1 Par. Zoll und 10 Linien weit;

No. 2 mit divergirenden Wänden von Holz, zu unterst 8 Linien, zu oberst 2 Zoll 3 Linien weit;

No. 3 mit convergirenden Wänden von Holz, zu unterst 2 Zoll 5 Linien, zu oberst 8 Linien weit;

No. 4 mit parallelen Wänden aus Pergament und hölzernen Rahmen 2 Zoll 3 Linien weit;

No. 5 mit convergirenden Wänden aus Pergament und hölzernen Rahmen, zu unterst 2 Zoll 5 Linien, zu oberst 8 Linien weit.

Diese fünf Röhren nun, abwechselnd mit dem Mundstücke verbunden, geben, beim Anblasen des Mundstücks, durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Auch mögen die Membranen in No. 4 und 5 trokken, feucht oder durchnäfst seyn, die Pfeife giebt durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Ich liefs mir ein anderes Zungenpfeifen-Mundstück zu jenen fünf Röhren machen, eben so wie das vorige, aber die Zunge nicht von Metall, sondern von dünnem Pergament.

Dieses Mundstück, mit jenen fünf Röhren abwechselnd verbunden, giebt, angeblasen, durchaus denselben Ton, wie für sich allein.

Auch mögen die häutigen Wände in No. 4 und 5

trocken, feucht oder durchnäfst seyn, die Pfeife giebt durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Gesammtübersicht der Ergebnisse dieser Versuche zur Beantwortung jener Fragen.

A. In Betreff der Labialpfeifen.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung vermögen tiefer zu tönen, als bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung tönen desto tiefer, je schlaffer die Membran.

Diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membranen geht bis über zwei Octaven, aber nicht in's Unendliche. Denn bei fortgesetztem Erschlaffen der Membranen tönt die Pfeife nicht nur tiefer, sondern auch zugleich immer schwächer, bis zum allmäligen Verschwinden des Tones. Dieser Grad der Erschlaffung ist die Gränze der Vertiefung. Ist diese Gränze überschritten, dann verhalten sich die Membranen, beim Anblasen der Pfeife, wie offene Stellen, und die Pfeife ist von da an, wo die Membranen anfangen, stumm. Fangen sie zu unterst der Röhre, am Labialende, an, so ist die ganze Pfeife stumm. Fangen sie höher an, so tönt der bis dahin reichende Theil der Pfeife allein, und es entsteht, nach dem Verschwinden jenes tieferen Tones der ganzen Röhre, ein viel höherer, nach Maafsgabe der Länge dieses unteren Theiles der Röhre. Es kann alo niemals der Fall eintreten, dafs eine membranöswandige Labialpfeifenröhre, innerhalb der membranösen Wände, wegen unzureichender Spannung derselben, unabhängig von ihnen ertönte, sondern, so weit sie membranös ist, tönt sie entweder von den Membranen abhängig, oder gar nicht, sie verstummt.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung tönen nicht allemal tiefer, sondern, unter gewissen Umständen, eben

so hoch oder höher, als bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen.

Die Membran oder die mehreren Membranen in der Pfeifenwandung geben, beim Anschlagen, denselben Ton, den die Pfeife, beim Anblasen, als ihren Grundton giebt.

Die Stimmung der Membranen in und aufser der Verbindung mit der Pfeife kann, bei unveränderter Spannung, doch verschieden seyn.

Die eigenthümliche Stimmung der Pfeife (d. h. die Stimmung, welche der Pfeife, bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen, zukommt, und *die eigenthümliche Stimmung der Membranen* (d. h. die Stimmung, welche den Membranen, bei ihrer Absonderung von der Pfeife und übrigens gleichen Umständen, zukommt) gleichen sich, bei der Verbindung der Pfeife und der Membranen, unter einander aus, so, dafs die Pfeife und die Membranen, bei ihrer gegenseitigen Verbindung, eine und dieselbe *gemeinschaftliche Stimmung* annehmen. Dabei sind folgende Umstände zu unterscheiden: 1) sind die eigenthümlichen Stimmungen (der Pfeife und der Membranen) gleich, so ist auch ihre gemeinschaftliche den eigenthümlichen gleich; 2) sind die eigenthümlichen Stimmungen ungleich, so liegt die gemeinschaftliche dazwischen; 3) je weiter die eigenthümlichen Stimmungen von einander entfernt sind, desto weiter ist die dazwischenliegende gemeinschaftliche von ihnen entfernt.

Je gröfser die Masse der Membranen, bei gegebenen ungleichen Stimmungen der Pfeife und der Membranen, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Membranen und desto entfernter von der eigenthümlichen der Pfeife ist die gemeinschaftliche; je kleiner die Masse der Membranen, desto näher der eigenthümlichen der Pfeife, und desto entfernter von der eigenthümlichen der Membranen ist die gemeinschaftliche.

Je länger die Pfeife, bei einer gegebenen Masse und

Stimmung der Membranen, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Pfeife, und desto entfernter von der eigenthümlichen der Membranen ist die gemeinschaftliche; je kürzer die Pfeife, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Membranen, und desto entfernter von der eigenthümlichen der Pfeife ist die gemeinschaftliche.

Folglich: Bei Labialpfeifen mit membranöser Wandung, wenn sie nach Orgelart angeblasen werden, und die Membranen straff genug sind, um durch das Anprallen der Luft in Schwingung zu gerathen, und das Zurückprallen der Luft zu bewirken, schwingen die Membranen mit der Luftsäule gemeinschaftlich. Die eigenthümlichen Geschwindigkeiten in der Nacheinanderfolge der Schwingungen, welche die Pfeife und die Membranen, jede für sich, anzunehmen streben, sind entweder gleich oder ungleich. Sind sie gleich, und also einander nicht widerstrebend, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit dieselbe; sind sie ungleich, und also einander widerstrebend, so gleichen sie sich aus zu einer gemeinschaftlichen mittleren Geschwindigkeit. Die Ausgleichung richtet sich nach der Gröfse der schwingenden Massen. Je gröfser die Masse der Membranen, bei übrigens gleichen Umständen, desto mehr nähert sich die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der eigenthümlichen der Membranen; je gröfser die Luftsäule, bei einer gegebenen Masse und Spannung der Membranen, desto mehr nähert sich die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der eigenthümlichen der Luftsäule. Je schlaffer die Membranen, desto geringer die Elasticität und ihre Rückwirkung auf die Luft, und desto schwächer daher auch die Schwingungen der Membranen sowohl als auch der Luftsäule. Sind endlich die Membranen zu schlaff, um durch das Anprallen der Luft in Schwingung zu gerathen und das Zurückprallen der Luft zu bewirken, so kann kein Schwingen der Membranen und der angränzenden Luft zu Stande kommen. Ist nun, bei dermafsen schlaffen Membranen,

zunächst dem Mundstücke ein Theil *starre* Wandung, so, dafs dort die anprallende Luft den zum Zurückprallen nöthigen Widerstand findet, so schwingt der dazu gehörige Theil der Luftsäule für sich; fangen aber die Membranen gleich von dem Mundstücke an, so entsteht durch das Anblasen gar keine Tonschwingung, weder der Luft, noch der Membranen. Doch entsteht die Tonschwingung der Membranen, auch bei solcher Erschlaffung noch, durch Anschlagen. Dann aber sind die Membranen in ihren Geschwindigkeiten unabhängig von der Luftsäule und von einander selbst.

Wird eine (durch Wechselwirkung mit der Luftsäule gemeinschaftlich tönende) Membran an irgend einem Punkte gedrückt, so wird die gemeinschaftliche Stimmung höher, und zwar, bei rechtwinklich viereckigen Membranen, am höchsten, wenn der Druck in der Mitte der Membranen stattfindet. Rückt man den Druck von irgend einer Stelle der vier Ränder allmälig bis zur Mitte, so, dafs alle auf diesem Wege befindlichen Punkte der Membranen nach einander möglichst gleichmäfsig gedrückt werden, so steigt die Stimmung bis dahin *allmälig*. Rückt man den Druck von der Mitte allmälig und möglichst gleichmäfsig nach irgend einer Stelle des Randes hin, so sinkt die Stimmung bis dahin *allmälig*. Der Schlagton ist dabei immer mit dem Blaston gleich, der Druck mag in der Mitte oder zwischen der Mitte und dem Rande, und das Anschlagen mag, im letzteren Falle, auf der breiten oder der schmalen Seite geschehen. Die Membran schwingt also, bei diesem Verfahren, immer in zwei Abtheilungen, bei dem centrischen Drucke in zwei gleichen, bei jedem excentrischen Drucke in zwei ungleichen Abtheilungen. Bei ungleichen Abtheilungen geschieht wieder eine Ausgleichung der Geschwindigkeiten. Die gröfsere Abtheilung aber hat, wegen ihrer gröfseren Masse, das Uebergewicht bei der Ausgleichung. Daher ist die Stimmung tiefer bei excentrischem, als bei centrischem

Drucke, und desto tiefer, je weiter der Druck vom Centrum entfernt ist. Abtheilungen der Membran in drei, vier u. s. w. gleiche Theile mit zwischenliegenden Knotenlinien finden also hier nicht statt; sonst müfsten, bei diesem Verfahren, die Knotenlinien irgendwo getroffen werden, und die Theilungen mit ihren Aliquottönen zu Stande kommen; die Tonveränderung würde daher, bei diesem Verfahren, nicht allmälig, sondern sprungweise geschehen, und die Stimmung würde, bei excentrischem Drucke, z. B. bei dem Drucke auf eine Knotenlinie der Drittelabtheilung, höher seyn, als bei dem centrischen Drucke.

Drückt man eine (durch Wechselwirkung mit der Luftsäule gemeinschaftlich tönende) Membran auf *zwei* Punkten, sie mögen noch so verschiedentlich gelegen seyn, nur nicht ganz nahe am Rande oder ganz nahe an einander, so ist die Stimmnng (ungefähr) einen Ton höher, als bei dem Drucke an Einem Punkte. Diese Erhöhung rührt offenbar davon her, dafs die Abtheilungen der Membran in diesem Falle kleiner sind, als bei dem Drucke an Einem Punkt. Rückt man beiderlei Druck dem Rande zu, so sinkt die Stimmung *allmälig* bis zu dem Tone, der ohne Druck stattfindet. Rückt man beiderlei Druck dem Mittelpunkte der Membran zu, so sinkt die Stimmung *allmälig* um einen Ton, nämlich bis zu dem Tone, der bei einfachem centrischen Drucke stattfindet. Aliquottöne sind also auch hier wieder nicht; das beweist die Allmälichkeit der Uebergänge.

Rührt die Tonveränderung bei diesem Drucke etwa von dadurch veränderter Spannung her? Keineswegs. Denn der Ton ist bei schwachem oder noch so starkem Drucke einerlei.

Drückt man eine Hälfte der Membran, so ist die Stimmung, wie bei dem Drucke im Mittelpunkte der Membran, weil diese in beiden Fällen halbirt wird.

Drückt man die ganze Membran, so ist die Stim-

mung, wie bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen.

Verbreitet man den Druck von irgend einer Randstelle an auf die ganze Membran, so steigt die Stimmung *allmälig* von dem Tone, der bei ganz unberührter Membran stattfindet, bis zu dem, welcher der Pfeife, bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen, zukommt.

Bei den *gedackten* Pfeifen dieser Art geschieht wieder dieselbe Ausgleichung, nur dafs hier der eine Factor, die eigenthümliche Stimmung der Pfeife, eine Octave tiefer ist. Die gemeinschaftliche aber wird dadurch keine ganze Octave tiefer, weil bei der Ausgleichung ein Theil dieser Differenz des einen Factors an den anderen abgegeben wird, und also die gemeinschaftliche Differenz um so viel geringer ausfällt.

Solche Töne nun, welche dadurch entstehen, dafs zwei mit verschiedener Geschwindigkeit schwingende Körper zu einer gemeinschaftlichen mittleren Geschwindigkeit sich ausgleichen, können daher in der Akustik wohl füglich *Ausgleichungstöne* genannt werden.

Der Einfluſs dünner Röhrenwände auf die Stimmung schwingender Luftsäulen war zwar vorher nicht ganz unbekannt. Denn schon lange wufste man, dafs Labialpfeifen und Messinginstrumente ihre Stimmung verändern, sobald ein Theil ihrer Wandung zu dünn wird. Vorzüglich die Orgelbauer und die Messinginstrumentmacher wufsten das recht gut. Solche *membranöse* Pfeifen aber hat Hr. Savart zuerst aufgestellt. Und hat er gleich ihr Verhalten theils unrichtig angegeben, so gebührt ihm doch das Verdienst, sie erfunden und dadurch die Wissenschaft zu einer Bereicherung gebracht zu haben.

Wie nun aber mit dem *praktischen* Nutzen dieser Erfindung? Wäre sie nicht anwendbar auf Orgeln und Blasinstrumente? Welche Tiefe würde da durch so wenig Masse erreicht! Vier Fufs verträten acht bis sechszehn

Fufs. Acht Fufs verträten sechszehn bis zwei und dreifsig Fufs. Wie compendiös und wie wohlfeil zugleich würden da die Orgeln seyn? Viel compendiöser und viel wohlfeiler als bei dem Vogler'schen Simplicationssysteme!

Aber zwei Hindernisse stehen im Wege.

Erstens die Veränderlichkeit der Stimmung, nach Maafsgabe der Feuchtigkeit der Luft und zumal des Athmens. Durch nasse Witterung sinkt die Stimmung solcher Pfeifen gegen eine grofse Terz, durch Einblasen des Athems gar bis zu einer Quinte.

Dieses Hindernifs wäre nun zwar zu überwinden durch Oelen oder Firnissen der Membranen.

Ein zweites aber und unüberwindliches Hindernifs ist das mit dem Tieferwerden zugleich fortschreitende Schwächerwerden des Tones; denn diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membranen geht zwar bis über zwei Octaven, aber bei fortgesetztem Erschlaffen der Membranen tönt die Pfeife nicht nur tiefer, sondern auch zugleich immer schwächer, bis zum allmäligen Verschwinden des Tones.

Beide Hindernisse könnte man umgehen, wenn man anstatt der Membranen dünne Metallplatten in die Pfeifenwände einsetzte. Diese klirren aber; das sieht man an Waldhörnern, wenn eine Stelle so dünn ist, dafs sie selbsttönend schwingt.

B. In Betreff der Zungenpfeifen.

Bei den kurzen Zungenpfeifen macht die Richtung der Wände, sie mag parallel, divergent oder convergent seyn, keinen Unterschied in der Tonhöhe.

Bei den kurzen Zungenpfeifen macht die Substanz der Wände, sie mag starr oder membranös, und, im letzteren Falle, trocken, feucht oder durchnäfst seyn, keinen Unterschied in der Tonhöhe.

II. *Neue Tafel der Depressionen des Quecksilbers in Barometerröhren; von Herrn A. Bravais.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III T. V p.* 492.)

Laplace hat in der *Mécanique céleste* (*T. IV 2e suppl. p.* 65) eine Formel gegeben, mittelst welcher man die Capillardepression des Quecksilbers in Röhren von grofsem Durchmesser direct berechnen kann. Wenn man diese Formel auf eine Röhre von 16 Millimet. innerem Durchmesser anwendet, und dabei die beiden Constanten benutzt, deren sich Hr. Bouvard zur Berechnung der allgemein gebräuchlichen Tafel der Depressionen bedient hat [1]), so findet man die Senkung des Quecksilbers, nach der Formel, gleich $0^{mm},079$, während sie nach eben erwähnter Tafel $0^{mm},099$ seyn würde.

Obgleich der Unterschied dieser beiden Zahlen für den Gebrauch des Barometers von keinem Belange ist, so mufs er doch aus theoretischem Gesichtspunkte den Physikern auffallend seyn. Zwar ist die Laplace'sche Formel nicht vollkommen streng; allein, darf man annehmen, dafs sie eine um das Fünftel ihres Werthes zu kleine Depression gebe? In der Meinung, dafs dieser Unterschied von der zur Entwerfung der erwähnten Tafel angewandten Methode herrühren könnte, hielt ich es für nützlich, die Rechnung in einer strengeren Weise wieder vorzunehmen.

Gemäfs den Bezeichnungen, die Laplace in der Abhandlung, wo seine Methode auseinandergesetzt ist, gewählt hat [2]), nenne ich v die Neigung eines Elements

1) *Mém. de l'Acad. des Scienc. T. VII p.* 322.

2) *Connaissance des Temps*, 1812, *p.* 317.

der erzeugenden Curve, die durch ihre Drehung um die Axe der Röhre die Endfläche der Quecksilbersäule giebt; u ist der Abstand dieses Elements von der Axe der Röhre; z die Länge des Perpendikels gefällt von demselben Element auf die feste Horizontalebene, welche die Quecksilberoberfläche einnehmen würde, wenn die Capillarkräfte aufhörten; b ist der Krümmungshalbmesser der Curve in diesem selben Punkte und B der Krümmungshalbmesser für den Scheitel des Meniskus. Nun seyen $\Delta\varphi$, Δu, Δz, Δb die Variationen, welche diese Grösen beim Uebergang von einem Element zum nächstfolgenden erleiden; ferner sey δ die Depression des Scheitels unterhalb der Horizontalebene, dem Ursprung der z; endlich sey a^2 die specifische Constante des Quecksilbers, welche Laplace gleich 6,5 Quadratmillimeter ansetzt.

Die Theorie der Capillarkräfte giebt zuvörderst:

$$\frac{1}{b} = \frac{2z}{a^2} - \frac{\sin\varphi}{u}.$$

Am Scheitel der Curve hat man $\varphi=0$, $u=0$, $z=\delta$, $b=B=\frac{a^2}{\delta}$.

Laplace setzt hierauf:

$$\Delta u = 2b \sin\tfrac{1}{2}\Delta\varphi \cos(\varphi+\tfrac{1}{2}\Delta\varphi)$$
$$\Delta z = 2b \sin\tfrac{1}{2}\Delta\varphi \sin(\varphi+\tfrac{1}{2}\Delta\varphi)$$

und es reicht hin, φ um kleine, dem Winkel $\Delta\varphi$ gleiche Intervalle wachsen zu lassen, um nach und nach die allen möglichen Werthen des Winkels φ entsprechenden Werthe von u und z zu erhalten. Der Anwuchs von $\Delta\varphi$ mufs ziemlich klein seyn, damit man den Krümmungshalbmesser b in der ganzen Erstreckung einer selben Abtheilung der erzeugenden Curve ohne merklichen Fehler als constant annehmen könne. Allein in derselben Zeit, da φ, u, z sich in $\varphi+\Delta\varphi$, $u+\Delta u$, $z+\Delta z$ umändern, verwandelt sich b in $b+\Delta b$. Es ist kein Grund da, den einen oder andern dieser beiden Krümmungshalb-

messer einen Vorzug zu geben in den Gleichungen, die Δu und Δz bestimmen. Ich habe also, in diesen letzteren Formeln, b durch den mittleren Werth $b+\frac{1}{2}\Delta b$ ersetzt.

In der Theorie der barometrischen Depressionen ist gegenwärtig die Annahme nothwendig, dafs der Winkel, unter welchem das Quecksilber die Röhrenwand trifft, sich verändern könne durch Wirkung von Ursachen, die noch nicht alle vollkommen bekannt sind. Man darf also nur an eine Berechnung der Dpression denken, wenn dieser Einfallswinkel zuvor gemessen worden, sey es direct oder indirect. Die Depressionstafeln werden also einen doppelten Eingang haben müssen. Die zweite bekannte Gröfse wird der Halbmesser der Röhre seyn; und da die obigen Rechnungen den Halbmesser in Function der als bekannt vorausgesetzten Depression geben, so wird man ihrerseits die Depressionen, durch eine zweckmäfsige Interpolation, nach gleichen Anwüchsen des Halbmessers fortschreiten lassen müssen.

Zur Zeit, da Bouvard seine Tafel berechnete, kannte man noch nicht so gut wie heute die grofse Veränderlichkeit des Einfallswinkels zwischen dem Quecksilber und dem Glase, und man wufste nicht, dafs dieser Winkel im barometrischen Vacuo beständig kleiner ist als in freier Luft [1]). Man betrachtete ihn also als constant. Laplace nahm ihn zu 46° 28′, und Poisson setzte ihn nach neueren Versuchen auf 44° 30′. Ich habe angenommen, dafs er von 15° auf 48° steigen könne. Diese letztere Gränze kann er kaum überschreiten, wohl aber kann er unter 15° herabsinken, und in einigen Ausnahmsfällen kann der Meniskus eben und selbst concav werden. Es bedarf dazu einer Beschmutzung der inneren Röhrenwand mit einem Körper, der zugleich am

1) Ich verstehe unter *Einfallswinkel*, wie in der Theorie des Lichts, den Winkel zwischen dem letzten Element der Curve und der Normale der Röhrenwand. Es ist der Winkel V unserer Formeln.

Quecksilber und am Glase haften kann, namentlich mit Metalloxyden; auch erfolgt es, wenn das Quecksilber zu lange in der Röhre gekocht worden. Im ersteren Fall ist das Barometer mangelhaft und die Röhre mufs verworfen werden. Im zweiten Fall ist, wie es scheint, die Einführung einer kleinen Luftblase, die man darauf durch kleine Stöfse wieder austreibt, hinreichend, damit der Meniskus seine natürliche Convexität wieder annehme. Man darf nicht anstehen ein solches Mittel zu gebrauchen, denn die starke Adhärenz des Quecksilbers zum Glase, wie sie aus diesem Symptom hervorgeht, ist der Beweglichkeit der Säule und der Genauigkeit der Beobachtungen schädlich.

Die Depressionen, welche nach der gegenwärtigen Tafel einer Incidenz von 46° 48′ entsprechen, sind geringer als die von der Bouvard'schen Tafel gegebenen. Die Unterschiede betragen 0mm,030, 0mm,026, 0mm,22, 0mm,015, 0mm,006 für Röhren von 2, 4, 6, 8, 10 Millimeter Radius. Sie entspringen fast alleinig aus der Einführung der Glieder:

$$b' \cos v \frac{(\Delta v)^2}{2} \quad , \quad b' \sin v \frac{(\Delta v)^2}{2}$$

in den allgemeinen Ausdruck der Anwüchse Δu und Δz. Die kleine dadurch erfolgende Zunahme im Werthe der Constanten a^2 bedeutet wenig in diesem Resultat.

Wie schon gesagt, giebt die für Röhren von grofsem Durchmesser geltende Laplace'sche Formel 0mm,079 für eine Röhre von 8 Millimet. Radius. Diese Formel ist folgende:

$$\delta = 2\sqrt{\pi a' U} \, tang \tfrac{1}{4} V e^{\frac{-4(U + a' \sin^2 \frac{1}{4} V)}{a'}},$$

wenn zur Vereinfachung $2\sqrt{2a^2} = a'$ gesetzt wird. U ist der Radius der Röhre und V der Einfallswinkel gegen Glas. Dieser Werth von δ ist von Poisson ein wenig verändert worden. In der Formel dieses letzten Mathematikers ist U unter dem Wurzelzeichen ersetzt

durch $U+a' \sin^2 \frac{1}{4} V$ [1]). Diese beiden Formeln, besonders die letzte, bieten, verglichen mit unserer Tafel, eine genügende Uebereinstimmung dar, vor allem, wenn man sich erinnert, dafs sie nicht vollkommen streng sind.

Wünscht man, nach der gegenwärtigen Tafel, die Depression für eine Röhre von gröfserem Radius als 10 Millimeter zu wissen, so beginnt man damit, diese Depression für eine Röhre von 10 Millimetern zu berechnen. Es sey δ_{10} die dadurch erhaltene Zahl; dann kann man δ berechnen durch die Formel:

$$log\, \delta = log\, \delta_{10} - 0{,}21868(U-10),$$

wo die Logarithmen die gemeinen sind. Diese Formel ist nur annähernd; allein der bei δ begangene Fehler wird immer kleiner als ein Tausendstel eines Millimeters seyn. Will man eben so die Depression für einen Werth von V kleiner als 15° zu berechnen, so braucht man nur anzunehmen, dafs von $V=0$ bis $V=15°$ die Depressionen den Bogen proportional sind, oder vielmehr, den Sinus dieser Bogen, was wenig von der Wahrheit abweicht.

Mein Zweck geht dahin: 1) einem Beobachter die Bestimmung der *absoluten Barometerstände* möglich zu machen, ohne dafs er dazu der Vergleichung seines Instruments mit einem Normalbarometer bedarf. 2) Dem Reisenden, wenn es ihm gefällt, zu gestatten nachzusehen, ob die Berichtigung des Nullpunkts seines Barometers constant geblieben sey, und, wenn der Einfallswinkel sich geändert hat, oder wenn das ursprüngliche Rohr zerbrochen und ein neues eingesetzt ward, eine neue Berichtigung desselben vorzunehmen. Selten bleiben, auf einer langen Reise, die Instrumente vergleichbar unter sich; alle Reisenden wissen dieſs wohl, und bei meinen Reisen nach dem Norden Europa's und in die Alpen habe ich selbst erfahren, dafs man Veränderungen von $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ Millimet. und selbst mehr in der

1) *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, *p.* 224.

Lage des Nullpunkts antreffen kann. Diese Veränderungen rühren ohne Zweifel von Veränderungen in der Capillardepression her. Um sie auszumitteln, mufs man den Winkel V am Barometer selbst messen und den inneren Durchmesser der Röhre kennen.

Zur Bestimmung des Winkels V verfahre ich folgendermafsen. Nachdem ich das Barometer senkrecht und solchergestalt aufgestellt habe, dafs die Oberfläche des Meniskus von dem Licht der Wolken, oder, nach Bedürfnifs, von einem dahinter angebrachten Stück weifser Pappe beleuchtet wird, halte ich hinter der Fassung einen Schirm, der sich mit einer horizontalen Kante endigt. Diesen Schirm bewege ich von unten nach oben, wodurch er, indem er steigt, immer mehr und mehr von dem Licht auffängt, welches sich an der Quecksilberfläche reflectirte. Das Auge fast in Niveau mit der Base des Meniskus stellend, sehe ich dessen Oberfläche, anfangs auf der mir gegenüberliegenden Seite, sich verdunkeln, und diese Verdunklung dehnt sich nach und nach gegen die Basis aus, bis zum vollständigen Verschwinden des erhellten Theils. Genau in diesem Moment sey h der Winkel, welcher die Neigung des Gesichtsstrahls, geführt vom Auge des Beobachters zu dieser Basis, mifst. Dieser Winkel wird als positiv oder negativ betrachtet, je nachdem das Niveau des Auges unter oder über dem des Meniskus ist, je nach dem die Gesichtslinie gegen den Beobachter oder gegen die Basis herabneigt. Sey eben so H der Winkel, welcher die Neigung des letzten Lichtstrahls, vor seiner Reflexion an der convexen Quecksilberfläche mifst. Dieser Winkel wird immer positiv seyn. Man hat offenbar:

$$V = \frac{H + h}{2}.$$

Um h zu messen, kann man die Basis des Meniskus beziehen auf entfernte, hinter ihr liegende Gegenstände, deren Winkelhöhe über dem Horizont zuvor be-

kannt ist. Die Ränder von Dächern oder Fenstersprossen sind zu diesem Zweck besonders geeignet. In Ermanglung derselben kann man sich auch eines senkrechten Spiegels bedienen, der, je nach der Entfernung, in Millimeter oder Centimeter getheilt ist [1]). Oft habe ich mich auch begnügt, an die Mauer ein Stück weifses Papier zu befestigen mit Horizontallinien von fünf zu fünf Millimetern. Ich beobachte zunächst, welchem Theilstrich p des Papiers die horizontale Ebene entspricht, die durch einen gegebenen Punkt der Barometerskale, z. B. durch den Punkt 760 Millim. gelegt ist. Ich messe hierauf den Horizontal-Abstand f, welcher dieses Sehzeichen von der Axe der Röhre trennt. Ist l die auf der Barometerskale, neben dem Nullpunkt des Nonius, abgelesene Höhe des Meniskus-Scheitels, und k die constante Höhe des Pfeils vom Meniskus, so wird $l-k$ die abgelesene Höhe der Basis des Meniskus seyn (eine Gröfse, die man auch durch directe Messung erhalten kann) und $l-k-760$ die Höhe dieser selben Basis über der zuvor erwähnten Horizontal-Ebene. Ist andererseits P der Punkt des graduirten Sehzeichens, auf welchen das Auge die Basis des Meniskus im Moment des Verschwindens der letzten Lichtlinie bezieht, so hat man offenbar:

$$tang\, h = \frac{(P-p)-(l-k-760)}{f+U}.$$

Die Gröfsen p, k, f, U können während einer und derselben Reihe von Beobachtungen als constant angesehen werden.

Eben so erhält man den Winkel H. Der Schirm, welcher das Licht auffängt, ist gewöhnlich beweglich mit dem Läufer, der den Nonius trägt. Man kann ihn daran befestigen entweder durch besondere Druckschrauben, oder durch die Schrauben des Läufers, oder durch den

1) Es ist wohl daran zu erinnern, dafs schon W. Weber den Weg angab, mittelst eines Spiegels die Gestalt der Quecksilberkuppe in Barometerröhren zu bestimmen. (Ann. Bd. XXXX S. 39.) P.

Druck einer Feder. Jeder Beobachter, selbst der reisende, kann leicht einen solchen Schirm an sein Instrument anbringen. Es ist gut, ihn so einzurichten, dafs er leicht abgenommen, und an jedes andere Barometer angebracht werden kann. Da es nicht nothwendig ist, dafs der obere Rand des Schirms geradlinig sey, so kann der obere innere Rand des Läufers, welcher den Nonius trägt, die Dienste desselben verrichten; allein dann ist der horizontale Abstand zu klein, und das schadet der Genauigkeit der Bestimmung des Winkels H.

Es sey nun n die Ablesung des Nullpunkts am Nonius, wenn der die Beleuchtung begränzende Rand in der Horizontal-Ebene des Theilstrichs 760 ist; sey ferner N die Ablesung desselben Nullpunkts im Moment, wo der Meniskus aufhört beleuchtet zu seyn; sey e der horizontale Abstand dieses selben Randes von der Axe der Röhre, so hat man offenbar, wie vorhin:

$$tang\, H = \frac{(N-n)-(l-k-760)}{e+U}.$$

Der Durchgang der Lichtstrahlen durch die Glasröhre ändert dieſs Resultat ein wenig. Bei der Messung des Winkels h kann man diesen letzten Effect vernachlässigen; nicht so ist es aber bei der Messung von H. Es sey λ das Brechverhältnifs beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft; sey ε die Dicke der Röhrenwand, so ist es leicht sich zu überzeugen, dafs man den Moment $e+U$ umändern mufs in:

$$e+U-\varepsilon(1-cos\, H\, tang\, arc\, sin = \lambda\, sin\, H).$$

Zur Anwendung dieser Berichtigung mufs also H schon annähernd berechnet seyn; übrigens hat mir der Versuch gezeigt, dafs es fast immer, besonders wenn der Abstand e etwas grofs ist, hinreicht $e+U$ zu ersetzen durch $e+U-\frac{2}{3}\varepsilon$.

Es ist nützlich, das Barometer um 180° um seine Axe zu drehen und die Beobachtung in dieser Stellung zu wiederholen; denn in der Senkrechtheit der Röhren-

axe kann ein leichter Fehler vorhanden seyn, und dieser wirft sich ganz auf die Messung des Winkels V. Es ist also gut, dafs der Schirm ringförmig sey, und seine Axe, wenigstens nahezu, zusammenfalle mit der Fassung des Barometers. Ist einmal der Schirm befestigt, so bestimmt man den Werth der Gröfse p im Moment, wo der letzte Lichtpunkt verschwindet. Auf diese Weise macht man zwei bis drei Ablesungen von p, getrennt von einander durch eine Reihe kleiner Stöfse, um jede Adhärenz zwischen dem Quecksilber und dem Glase zu vernichten; dann nimmt man das Mittel aus diesen Ablesungen.

Wenn man aber auf einen festen Gegenstand einstellt (*affleure*), wenn der Winkel h zuvor bekannt ist, so macht man gleich hinter einander zwei oder drei Ablesungen von N, und nimmt daraus das Mittel zur Berechnung von H.

Bei Barometern, bei welchen das Quecksilber-Niveau nach Belieben mittelst einer Schraube verstellt werden kann, wird es gut seyn, den Versuch an verschiedenen Punkten der Länge der Säule zu wiederholen. Bei Barometern, wo das Niveau nicht nach Belieben des Beobachters verschoben werden kann, ist man genöthigt, die natürlichen Veränderungen des Barometerdrucks abzuwarten, um dieselbe Reihe von Beobachtungen zu machen. Man mufs nicht glauben, dafs der Einfallswinkel des Quecksilbers gegen die Röhrenwand nothwendig gleich sey an verschiedenen Stellen einer und derselben Röhre. Die Erfahrung hat mir das Gegentheil bewiesen. Bei dem Ernst'schen Barometer No. 106 gaben 11 Beobachtungen, gemacht von 2 zu 2 Millimeter zwischen den Punkten 748 und 770 Millim., den Winkel $V = 32° 48'$. Neun Beobachtungen zwischen 730 und 748 Millim. gaben dagegen $V = 27° 10'$. Daraus entspringt eine Aenderung von $0^{mm},08$ in der anzunehmenden Depression. Die folgende Tafel giebt die Resultate der Messungen des Einfallswinkels bei verschiedenen Barometern.

Barometer.			Einfallswinkel.		Zahl d. Beob.
				Mittel.	
Ernst	No. 19	751,5 bis 750,5	33° 42′	33° 24′	48
		749 - 747	33 31		
			32 40		
Ernst	No. 95	759 - 747	40 27	40 42	14
		746 - 734	40 52		
Ernst	No. 41	770 - 750	38 30	37 45	16
		750 - 730	37 0		
Ernst	No. 106	770 - 750	32 52	30 12	20
		750 - 730	27 32		
Fortin	No. 2	770 - 750	37 41	37 48	20
		750 - 730	37 56		
Mittel				35° 58	

Man findet in dieser Tafel eine Spalte mit den mittleren Abweichungen, die zwischen den einzelnen Beobachtungen und ihrem allgemeinen Mittel vorhanden sind. Das Endresultat zeigt, dafs die mittlere Unsicherheit einer einzelnen Beobachtung nur auf 0°,89 steigt. Diesem Winkelfehler entspricht bei einer Röhre von 8 Millimetern im Durchmesser nur ein Fehler von 0,01 Millimeter in der Depression. Der Genauigkeitsgrad, den man durch zwei Beobachtungen erhält, eine bei der gewöhnlichen Stellung des Barometers, und die andere nach Drehung desselben um 180° gemacht, wird also im Allgemeinen für die Praxis hinlänglich seyn, und einige solcher Beobachtungen, bei verschiedener Höhe der Quecksilbersäule angestellt, werden den absoluten Zustand des Apparats mit aller wünschenswerthen Genauigkeit geben.

Eine Spalte der Tafel giebt den *mittleren Einfallswinkel* für jedes der fünf geprüften Barometer; sie zeigt, wie unbeständig dieses Element ist. Die vier ersten Barometer waren ähnlich, und gingen aus der Hand desselben Künstlers hervor. Dennoch schwankte der mittlere Einfallswinkel von 27° bis 41°. Das Mittel der fünf

Mittlere Abweich.	Pfeil d. Meniskus	berichtigt.	Zahl d. Beob.	Mittlere Abweich.	Radius der Röhre.	Depression, abgeleitet aus Einfallswinkel.	Pfeil.
	mm	mm		mm	mm	mm	mm
±0°,96	0,893	0,835	28	±0,050	3,50	0,656	0,654
±0 ,90	1,196	1,138	13	±0,060	4,20	0,537	0,540
±0 ,84	1,103 1,024	1,045 0,966	20	±0,022	4,00	0,559	0,553
±0 ,72	0,965 0,770	0,897 0,712	20	±0,043	3,95	0,476	0,470
±1 ,04	1,290	1,232	18	±0,059	6,65	0,145	0,149
±0°,89				±0,047			

fünf Einfallswinkel ist $= 35° 58'$ und dieſs weicht wenig ab von der mittleren Incidenz 34°, die mir früher aus den Versuchen von Bohnenberger hervorzugehen schien [1]). Ich habe mich überdieſs überzeugt, daſs ohne die Stöſse, welche man zur Ueberwindung der Adhärenz des Glases zum Quecksilber giebt, die Incidenz um 4 bis 5 Grad in plus oder minus schwanken kann, je nachdem die Quecksilbersäule im Steigen oder Sinken ist.

Es giebt, bei Berücksichtigung der Veränderlichkeit des Einfallswinkels zwischen Quecksilber und Glas, ein zweites Mittel zur Messung der Capillardepression. Man braucht nur die Höhe des Pfeils vom Meniskus mit Genauigkeit zu messen, um daraus die Capillardepression und selbst in Strenge den Einfallswinkel abzuleiten. Hr. Schleiermacher hat in der *Bibliothèque universelle* [2]) eine Tafel mit doppeltem Eingang gegeben, deren Argumente diese Höhe und der Radius der Röhre sind. Nach noch nicht veröffentlichten Formeln desselben Gelehrten hat neuerlich Hr. Delcros auf derselben Grundlage eine

1) *Comparaisons barométriques faites dans le nord de l'Europe, par MM.* Bravais *et* Martins. *Mém. de l'acad. de Bruxelles, T. XIV.*

2) *Tome VIII p.* 11.

ausgedehntere Tafel berechnet, die jetzt in den *Mémoires de l'academie de Bruxelles* (*T. XIV*) gedruckt ist. Indem ich willkührliche Gruppen von Werthen, entsprechend den Gröfsen δ, u und $z-\delta$, aus meinen Tafeln nahm, konnte ich die Genauigkeit der eben genannten Tafel prüfen. Der Unterschied geht kaum bis zu Tausendstel eines Millimeters; man kann also in deren Resultate das gröfste Zutrauen setzen.

Es schien mir interessant, die mit Hülfe des Einfallswinkels berechneten Depressionen zu vergleichen mit denen, welche die Beobachtung des Pfeils vom Meniskus liefert. Unsere Tafel enthält die Elemente dieses Vergleichs. Die mit Hülfe des Pfeils erhaltene Depression war beständig um $\frac{1}{20}$ gröfser als die durch Messung des Winkels bestimmte. Beim Nachdenken über die Art, wie man die Basis des Meniskus mit dem oberen Rande des beweglichen Läufers in Niveau bringt, schien mir einleuchtend, dafs diefs Verfahren einen constanten Fehler einschliefse, und dafs die Irradiation die stark beleuchtete Oberfläche des Meniskus nach unten ausbreite. Aus den Resultaten des Hrn. Plateau geht hervor, dafs der mittlere Werth der Irradiation für einen stark beleuchteten Gegenstand ungefähr eine Minute ist [1]). Nennen wir D den Abstand des Auges von der Basis des Meniskus, so haben wir an der beobachteten Höhe des Meniskus die Berichtigung $= -D\,tang\,1'$ anzubringen. Ich setzte $D=200$ Millimeter; diefs ist sehr nahe der Abstand des deutlichen Sehens für mein Auge, und derjenige, bei welchem ich beobachtete. Mit diesen Werthen wird die Berichtigung $= -0^{mm},058$. Auf die Höhen des Meniskus angewandt, bringt sie zwischen der Tafel des Hrn. Delcros und der meinigen eine merkwürdige Uebereinstimmung hervor, wie man aus den beiden letzteren Spalten der obigen Tafel ersehen kann.

Die folgende Thatsache, die ich mehrmals beim Ein-

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles*, *T. XI.* (Ann. Ergänzungsband, S. 417.)

stellen auf die Basis des Meniskus beobachtete, beweist das Vorhandenseyn der Irradiation. An dem Vordertheil dieser Basis endigte der abgestumpfte Scheitel eines beleuchteten Sectors. Die beiden anderen, dunklen Sectoren, der eine zur Rechten, der andere zur Linken des vorhergehenden befindlich, ruhten auch auf der nämlichen Basis; allein dort war, wegen der Gleichheit des Lichts, die Irradiation fast Null. So wie nun der bewegliche Rand auf den unteren Theil des beleuchteten Sectors eingestellt war, schienen die Seitensegmente der Base des Meniskus gehoben über die Ebene der Einstellung. Schliefsen wir also daraus, dafs das Resultat des Vergleichs der beiden Methoden sehr günstig ist für die Theorie der Capillarität; schliefsen wir daraus, dafs die Depression gleich gut bestimmt werden kann, man mag den Einfallswinkel am Glase oder die Höhe des Meniskus messen, sobald man nur im letzteren Fall die Wirkungen der Irradiation in Rechnung zieht. Indefs ist es bei der letzteren Methode schwierig sich ganz gegen diese Fehlerquelle zu schützen, wenigstens wenn das Barometer nicht, wie in grofsen Observatorien, mit einem beweglichen Mikroskop versehen ist, und selbst dann mufs man die Ungleichheit im Glanz der beiden zusammenstofsenden Flächen mäfsigen.

Bei Messung des Einfallswinkels stört die Irradiation die Beobachtung nicht; sie verschiebt nicht den Ort des letzten sichtbaren Lichtpunkts; sie dehnt ihn aus und macht ihn plötzlicher verschwinden, was eben erlaubt, sein Erlöschen leichter zu beobachten.

Auch noch unter einem zweiten Gesichtspunkt scheint die Methode der Incidenzen den Vorzug zu verdienen; sie ist genauer in ihren Resultaten. Schon haben wir gefunden, dafs der mittlere Fehler, welcher bei einer einzelnen Messung zu befürchten steht, $\pm 0^{\circ},89$ beträgt. Unsere Tafel zeigt, dafs der mittlere Fehler, deren die Messung der absoluten Höhe des Meniskus aus-

gesetzt ist, auf $\pm 0^{mm},047$ geschätzt werden mufs [1]). Allein diesen Veränderungen im Werth des einen der Argumente der Tafeln entsprechen sehr verschiedene Veränderungen der Depression. So geben die Tafeln für eine Röhre von 8 Millimeter Durchmesser für einen Einfallswinkel von 36° und eine Meniskushöhe gleich $0^{mm},97$ eine Veränderung von $0^{mm},011$ in der Depression, wenn der Einfallswinkel sich um $0°,89$ ändert, und eine Veränderung von $0^{mm},022$, wenn der Meniskus sich um $0^{mm},047$ erhöht oder senkt. Für Menisken von anderer Gröfse und anderer Form können diese Zahlen variiren, aber der mittlere Fehler der Depression wird beim zweiten Verfahren immer gröfser seyn als beim ersten, bei der Messung des Einfallswinkels, und daher verdient diese Messung den Vorzug, sobald das Barometer ohne bewegliches Mikroskop ist.

Die mittleren Abweichungen $0°,89$ und $0^{mm},047$ sind nicht das Resultat blofser Beobachtungsfehler; zum grofsen Theil rühren sie auch her von Veränderungen, welche wirklich die Curve des Meniskus erleidet, je nach den Umständen, welche die geometrische, physische oder chemische Natur der Wand an verschiedenen Stellen längs der Röhre darbietet. Schwierig ist die Trennung dieser beiden Ursachen, von denen die eine von der Unvollkommenheit der Beobachtungsmethode, die andere innig von der Natur des Problems abhängt. Ist x der mittlere unbekannte Fehler, der aus dieser letzteren Ursache entspringt, und sind α und β die Fehler der beiden Methoden, so haben wir, wenn wir uns an den oben erwähnten besonderen Fall halten, gemäfs der Theorie der mittleren Fehler:

$$\alpha^2 = (0{,}011)^2 - x^2$$
$$\beta^2 = (0{,}022)^2 - x^2 = (0{,}019)^2 + \alpha^2.$$

1) Vor und nach jeder Beobachtung der Basis des Meniskus mufs die Höhe seines Scheitels gemessen werden, um den Fehler zu eliminiren, der aus dem Zustand des Steigens und Sinkens der Quecksilbersäule entspringt.

Die Gröfse β liegt also zwischen $0^{mm},019$ und $0^{mm},022$, und man kann sie gleich $0^{mm},02$ annehmen. Anlangend den veränderlichen Fehler α bei der Methode der Incidenzen, so ist er höchstens gleich $0^{mm},01$, und dasselbe gilt von x; man sieht aus diesem Beispiel, dafs die *locale Variation* der Depression im Allgemeinen nicht sehr grofs ist.

Die vorstehenden Untersuchungen setzen voraus, dafs man genau das Kaliber der Röhre kenne; wenn aber das Barometer schon fertig, ist die Messung dieser Dimension keine leichte Sache. Oft geschieht es, dafs der Verfertiger diese Messung unterlassen oder dem Käufer nicht mitgetheilt hat, oder dafs das Resultat derselben längst abhanden gekommen ist. Hr. Schumacher hat die Güte gehabt, uns das Mittel mitzutheilen, welches er zur Bestimmung dieses Elements anwendet; man findet es in der erwähnten Abhandlung beschrieben [1]). Allein wie sinnreich dieses Verfahren auch sey, so ist es doch auf eine gewisse Klasse von Barometern beschränkt, und eine allgemeine Methode blieb noch aufzufindeu. Folgendes ist das Verfahren, welches ich zu diesem Behufe anwende.

Der äufsere Durchmesser der Röhre kann immer als mit aller wünschenswerthen Genauigkeit bekannt angesehen werden; die Schwierigkeit kommt also darauf zurück, die Dicke des Glases zu messen. Zu dem Ende ziehe ich zwei feine und parallele Striche quer auf die Röhre; mit ein wenig Geschicklichkeit gelingt dieſs leicht mittelst eines scharfen Stücks Bergkrystalls, das man mit einer Zange fafst. Den Raum zwischen beiden Strichen messe ich mit Genauigkeit, ich will annehmen, er betrage 1 bis 2 Millimeter. Zu dieser Messung kann man sich eines guten Zirkels oder des Nonius am Barometer selbst bedienen. Zur Erleichterung der Operationen lege man das Instrument horizontal auf einen Tisch. Jeder dieser Striche, die ich a und b nennen will, liefert ein

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles, T. XIV.*

Bild durch Reflexion an der Quecksilberfläche, welche die Innenwand der Röhre bekleidet. Man bringe nun das Auge in eine schiefe Lage, so dafs man den Strich a mit dem Bilde des Striches b, oder den Strich b mit dem Bilde des Striches a zusammenfallen sieht. Sind i und r die Winkel des Lichtstrahls in der Luft und dem Glase mit der Normale der Fläche und λ das Brechungsverhältnifs bei dem Uebergang aus Glas in Luft, endlich d der gegenseitige Abstand beider Striche und ε die Glasdicke der Röhre, so hat man:

$$\varepsilon = \tfrac{1}{2} d \cot(\mathit{arc}\sin = \lambda \sin i).$$

Zur Bestimmung des Einfallswinkels i bediene ich mich eines Schirms, der sich parallel mit der Axe der Röhre bewegen läfst, und dessen oberer Rand quer gegen die Axe und also parallel den Strichen a und b ist. Diesen Schirm verschiebe ich dergestalt, dafs der Gesichtsstrahl, in welchen ich a direct auf b reflectirt, oder b direct auf a reflectirt sehe, seinen oberen Rand tangirt. Ist nun M der Zwischenraum, welcher die beiden, diesen Coincidenzen entsprechenden Stellungen des Schirms trennt, und m der Perpendikel, gefällt von der Mitte der Kante des Schirms auf die Aufsenwand der Röhre, so ist ersichtlich, dafs man habe:

$$\mathit{tang}\, i = \frac{M-d}{2m}.$$

Beim Fortschieben des Schirms auf der messingenen Fassung ist möglicherweise die Axe dieser Fassung nicht vollkommen parallel der Axe des Rohrs; allein die vorstehende Formel ist noch anwendbar auf diesen Fall, sobald der Perpendikel m von der Mitte des Zwischenraums der Striche a und b aus gemessen ist.

So viel wie möglich habe ich vorgezogen den Schirm auf der beweglichen Fassung des Nonius zu befestigen; die Gröfse M bestimmt sich dann leicht durch die beiden Ablesungen am Nullpunkt des Nonius. Was das Brechungsverhältnifs betrifft, so schwankt es beim ge-

wöhnlichen Glase von $\lambda = \frac{1}{1,5}$ bis $\lambda = \frac{1}{1,55}$ [1]); allein ich habe mich versichert, indem ich mit Röhren von bekannter Glasdicke experimentirte und das Resultat der Rechnung mit dem der directen Beobachtung verglich, dafs der Werth $\lambda = \frac{1}{1,5}$, wenigstens bei französischen Röhren, den Vorzug verdient, und ungemein der Wahrheit nahe kommende Werthe von ε liefert. Die in der Annahme $\lambda = \frac{1}{1,55}$ berechneten Werthe überstiegen die wahren Dicken um 0,05 bis 0,08 Mllm.; sicher würde aber schon dieser Fehler zu vernachlässigen seyn.

Es ist zweckmäfsig, dafs das Intervall d von den Gränzen 0,6 ε und 1,6ε eingeschlossen sey. Gewöhnlich ziehe ich statt zwei Striche a, b, deren drei, nahe bei einander und parallel, a, b, c, wodurch ich drei mögliche Combinationen und drei verschiedene Incidenzen bekomme. Es ist zu wünschen, dafs jeder der drei Zwischenräume ab, ac, bc, von den angezeigten Gränzen eingeschlossen sey.

Am Schlusse dieser Notiz ist es wohl kaum nöthig hinzuzufügen, dafs man, um *absolute* Bestimmungen zu erhalten, wenn das Instrument ein Gefäfsbarometer ist, die Depression des ringförmigen Meniskus im Gefäfse berücksichtigen mufs, eine Depression, die nicht so klein ist, wie man vielleicht im ersten Augenblick glaubt. Wenn das Instrument ein Heberbarometer ist, mufs man an dem Meniskus des kurzen Schenkels dieselben Operationen wiederholen, welche zur Berechnung der Depression im langen dienten (und dann die Differenz beider Depressionen nehmen P.). An freier Luft ist übrigens der Einfallswinkel des Quecksilbers weniger einer Schwankung und Abweichung von 45° unterworfen als im barometrischen Vacuo.

1) Bei Barometern von *Flintglas*, deren es aber nur wenige giebt (die K. Gesellschaft in London besitzt eins), hätte λ einen etwas anderen Werth.

Zusatz. Um uns von der Nothwendigkeit der S. 520 angezeigten Berichtigung Rechenschaft zu geben, wollen wir den Winkel v als unabhängige Variable behalten, und Δu, Δz entwickeln in Function des Winkels v, des Krümmungshalbmessers b und seiner Differentialcoëfficienten $b'=\frac{db}{dv}$, $b''=\frac{d^2b}{dv^2}$, $b'''=\frac{d^3b}{dv^3}$, . . . ; wir erhalten somit die folgenden Reihen, deren Bildungsgesetz einleuchtend ist:

$$\Delta u=b\left[\cos v.\Delta v-\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-\cos v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}+\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b'\left[\cos v.\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-2\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-3\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b''\left[\cos v.\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-\frac{2.3}{1.2}\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]+\text{ etc.}$$
$$\Delta v=b\left[\sin v.\Delta v+\cos v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b'\left[\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}+2\cos v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-3\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]$$
$$+b''\left[\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}+\frac{2.3}{1.2}\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]+\text{ etc.}$$

Setzen wir in diesen Formeln $b'=b''=b'''=..=0$, so kommt:

$$\Delta u=b[\cos v\sin\Delta v-\sin v(1-\cos\Delta v)]$$
$$\Delta z=b[\sin v\sin\Delta v+\cos v(1-\cos\Delta v)]$$

und dieſs sind, unter einer etwas anderen Form, die beiden von Laplace angewandten Formeln. Damit die Annäherung bis einschlieſslich zu den Gliedern der Ordnung $(\Delta v)^2$ strenge sey, muſs man die Glieder

$$b'\cos v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}\text{ und }b'\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}$$

in Rechnung ziehen. Man muſs also b ersetzen durch $b+b'\frac{1}{2}(\Delta v)^3$ oder durch $b+\frac{1}{2}\Delta b$, oder, besser noch, durch den der Neigung $v+\frac{1}{2}\Delta v$ entsprechenden Krümmungshalbmesser, dessen Werth entwickelt ist:

$$b+b'\frac{\Delta v}{2}+b''\frac{(\Delta v)^2}{3}+b'''\frac{(\Delta v)^3}{48}+....$$

Der bei Vernachlässigung der $(\Delta\varphi)^4$ bei Δu noch verbleibenden Fehler ist dann gleich:

$$(-2b'\sin\varphi+b''\cos\varphi)\frac{(\Delta\varphi)^3}{24}$$

und der bei Δz bleibende:

$$(-2b'\cos\varphi+b''\sin\varphi)\frac{(\Delta\varphi)^3}{24}$$

es wird dann leicht seyn, in jedem Fall zu ermitteln, was man vernachlässigt.

Freilich ist, wenn man Δu und Δz berechnet, der Krümmungshalbmesser $b+\Delta b$ des folgenden Elements noch nicht bekannt; allein wenn die Gröfsen b_{r-2}, b_{r-1}, b_r, b_{r+1} die Reihe der Krümmungshalbmesser von einer Abtheilung zur nächstfolgenden vorstellen, so ist das Gesetz, nach welchem die schon bekannten Unterschiede $b_{r-1}-b_{r-2}$, b_r-b_{r-1} fortschreiten, hinreichend, um sehr nahe und im Allgemeinen durch einen ersten Versuch den intermediären Krümmungshalbmesser zwischen b_r und b_{r+1} zu erhalten. Mit diesem Krümmungshalbmesser sind die Werthe von Δu und Δz berechnet.

Auf diese Weise habe ich die Tafel am Schlusse dieses Zusatzes gebildet. Ich habe die Anwüchse $\Delta\varphi$ gleich 1^0, 2^0, 3^0 genommen, je nach den mehr oder weniger grofsen Werthen der Differentialcoëfficienten b' und b''. Für den Werth von a^2 habe ich die Zahl 6,528 angenommen, die beinahe das Mittel ist zwischen den Versuchen des Hrn. Gay-Lussac und den noch nicht veröffentlichten des Hrn. Schleiermacher.

So lange der Winkel φ oder die Depression δ hinlänglich kleine Gröfsen sind, kann man u, b, z durch folgende nach Potenzen von φ fortschreitende Gleichungen bestimmen:

$$\frac{u}{a}=\frac{a}{\delta}.\sin\varphi-\frac{a^3}{\delta^3}\frac{\sin^3\varphi}{4}+\left(4\frac{a^5}{\delta^5}-\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^5\varphi}{24}$$
$$-\left(169\frac{a^7}{\delta^7}-76\frac{a^5}{\delta^5}+18\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^7\varphi}{1152}$$
$$+\left(6799\frac{a^9}{\delta^9}-4064\frac{a^7}{\delta^7}+1514\frac{a^5}{\delta^5}-360\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^9\varphi}{46080}-..$$

$$\frac{b}{a}=\frac{a}{\delta}-3\frac{a^3}{\delta^3}\frac{\sin^2\varphi}{4}+5\left(4\frac{a^5}{\delta^5}-\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin 4\varphi}{24}$$
$$-7\left(169\frac{a^7}{\delta^7}-76\frac{a^5}{\delta^5}+18\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^6\varphi}{1152}$$
$$+9\left(6799\frac{a^9}{\delta^9}-4064\frac{a^7}{\delta^7}+1514\frac{a^5}{\delta^5}-360\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^8\varphi}{46080}-..$$

$$\frac{z}{a}=\tfrac{1}{2}\left(1:\frac{b}{a}+\sin\varphi:\frac{u}{a}\right).$$

Ich habe diese Formeln zuweilen angewandt; allein sie sind wenig convergirend. Endlich habe ich mich für Menisken von kleiner Depression ebenfalls der approximativen Reihen, die Laplace in der *Connaissance des Temps* von 1812 [1]) gegeben hat, und die nach Potenzen von a fortschreiten bedient. Wegen der Annahme des neuen Werthes $a^2=6{,}528$ habe ich die Coëfficienten derselben abgeändert.

1) *Pag.* 318. Auch *Mécaniq. céleste, T. IV. 2e suppl. p.* 60.

Capillardepression der Barometersäule, ausgedrückt in Millimeter.

Einfallswinkel.

Rad. d. Röhren mm.	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
2,0	0,733	0,869	1,003	1,135	1,265	1,392	1,516	1,635	1,749	1,857	1,962	2,063
2,2	0,643	0,765	0,836	1,003	1,115	1,225	1,334	1,441	1,542	1,638	1,729	1,817
2,4	0,566	0,677	0,786	0,891	0,991	1,088	1,185	1,278	1,365	1,450	1,530	1,607
2,6	0,506	0,604	0,700	0,794	0,884	0,971	1,055	1,137	1,214	1,289	1,361	1,429
2,8	0,451	0,539	0,625	0,709	0,791	0,869	0,943	1,015	1,033	1,150	1,214	1,274
3,0	0,405	0,483	0,560	0,636	0,709	0,780	0,845	0,909	0,970	1,028	1,084	1,138
3,2	0,364	0,434	0,503	0,571	0,637	0,700	0,759	0,816	0,871	0,923	0,972	1,020
3,4	0,327	0,390	0,452	0,514	0,573	0,629	0,682	0,734	0,784	0,831	0,874	0,917
3,6	0,294	0,351	0,407	0,462	0,515	0,566	0,614	0,661	0,706	0,748	0,787	0,825
3,8	0,266	0,317	0,367	0,416	0,463	0,510	0,554	0,596	0,637	0,674	0,710	0,744
4,0	0,239	0,285	0,330	0,374	0,417	0,459	0,499	0,538	0,574	0,608	0,640	0,670
4,2	0,215	0,257	0,298	0,338	0,377	0,414	0,450	0,485	0,518	0,549	0,578	0,605
4,4	0,195	0,232	0,269	0,305	0,340	0,374	0,406	0,438	0,467	0,495	0,521	0,546
4,6	0,176	0,210	0,244	0,276	0,307	0,337	0,367	0,395	0,422	0,447	0,471	0,493
4,8	0,159	0,190	0,220	0,249	0,277	0,305	0,332	0,357	0,381	0,404	0,425	0,445

Rad. d. Röhren mm.	Einfallswinkel.											
	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
5,0	0,144	0,172	0,199	0,225	0,250	0,275	0,299	0,322	0,344	0,365	0,384	0,402
5,2	0,131	0,156	0,180	0,204	0,227	0,249	0,270	0,291	0,311	0,330	0,347	0,363
5,4	0,119	0,142	0,164	0,185	0,205	0,225	0,244	0,263	0,281	0,299	0,314	0,328
5,6	0,108	0,128	0,148	0,167	0,185	0,203	0,221	0,238	0,254	0,270	0,284	0,296
5,8	0,097	0,116	0,134	0,151	0,167	0,184	0,200	0,215	0,230	0,244	0,256	0,268
6,0	0,088	0,105	0,122	0,138	0,153	0,167	0,181	0,195	0,208	0,221	0,232	0,242
6,5	0,068	0,081	0,094	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,161	0,170	0,178	0,187
7,0	0,052	0,062	0,073	0,083	0,092	0,101	0,109	0,117	0,125	0,131	0,138	0,144
7,5	0,040	0,048	0,056	0,064	0,071	0,078	0,084	0,090	0,096	0,101	0,106	0,111
8,0	0,031	0,037	0,043	0,049	0,054	0,060	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086
8,5	0,024	0,028	0,033	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,057	0,060	0,063	0,066
9,0	0,018	0,021	0,025	0,029	0,032	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
9,5	0,014	0,016	0,019	0,022	0,024	0,027	0,029	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
10,0	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031

III. *Ueber die Einrichtung der Thermometer des Hrn. Walferdin.*

[Die Thermometer des Hrn. Walferdin haben in Paris einen gewissen Ruf erlangt, und sind bei verschiedenen, auch in den Annalen erwähnten Untersuchungen als sehr vollkommen gerühmt worden, ohne dafs bisher dem Auslande Gelegenheit gegeben wäre, sich ein bestimmtes Urtheil über dieselben zu bilden. Sie sind bisher weder beschrieben, noch, wie es scheint, käuflich zu haben. Kürzlich indefs hat Hr. W. einen Vortrag in der geologischen Gesellschaft zu Paris gehalten, worin er über die Anfertigung und Einrichtung seiner Instrumente einige Auskunft ertheilt; wir halten es daher für nützlich, diesen der Hauptsache nach hier mitzutheilen, so wie er im Bulletin der genannten Gesellschaft, T. XIII p. 113 veröffentlicht wurde. Auch das Bekannte darin dürfte nicht überflüssig seyn, da es wenigstens nicht allgemein anerkannt worden ist. *P.*]

Röhre. — Wenn man sich mit einigermafsen genauen Temperatur-Bestimmungen beschäftigen will, so mufs man auf Skalen verzichten, die auf Metall oder irgend einer anderen Substanz dem Thermometer angeheftet sind, oder die, wären sie auch selbst auf den Stiel des Instruments eingeschnitten, *unmittelbar* die Temperatur angeben. Eine solche directe Angabe der Temperatur setzt eine strenge Cylindricität der Röhren voraus, und diese ist bei der bekannten Anfertigungsweise der Röhren nicht zu erwarten.

Diesen Mangel an Cylindricität kann man berichtigen, wenn man einen kleinen Quecksilberfaden in die Röhre bringt, ihn, deren ganzer Länge nach, verschiebt, und folgweise den von diesem Faden eingenommenen

Raum, der gleiche Volume vorstellt, aufzeichnet. Um aber zu genauen Resultaten zu gelangen mufs man zu sehr feinen Methoden seine Zuflucht nehmen, damit man die Fehler vermeide, die aus der Refraction des Glases entspringen. Die sonach abgeaichten Räume werden mittelst einer Theilmaschine in Theile getheilt, die ohne Nachtheil von einem Aichpunkt zum andern von ungleicher Länge seyn können, da sie von gleicher Capacität sind.

Auf solche Weise erhält man auf dem Stiel selber eine Reihe Abtheilungen, die eine sogenannte willkührliche Skale bilden, und deshalb nicht unmittelbar die Temperatur angeben. Um diese zu erfahren, mufs man eine Hülfstafel entwerfen, und dabei sorgfältig die Punkte bezeichnen, wo die Kalibrirung unvollkommen seyn könnte, um sie berichtigen zu können.

Röhren, auf solche Weise getheilt, bediene ich mich zur Construction meiner Maxima- und Minima-Thermometer, so wie der andern noch zu erwähnenden Instrumente [1]).

Behälter. — Bekanntlich mufs die Gröfse des Behälters dem inneren Durchmesser der Röhre angemessen seyn, damit das Instrument den Gang erhalte, den man beabsichtigt. Es ist aber in gewissen Fällen nicht ohne Unbequemlichkeit, mehr die sphärische als die cylindrische oder spiralförmige Gestalt für den Behälter zu wählen.

Die spiralförmige Gestalt, welche man oft gewählt hat, weil sie eine grofse Menge der thermometrischen Flüssigkeit mit dem umgebenden Mittel in Berührung bringt, hat das Ueble, dafs sie auch eine grofse Glasoberfläche darbietet. Instrumente von dieser Form zei-

1) Wie Hr. W. im Speciellen die Kalibrirung bewerkstelligt, ob seine Methode verschieden sey von denen, die Rudberg entweder selbst anwandte oder in seiner Abhandlung (Annal. Bd. XXXX S. 562) erwähnt, ist nicht gesagt. *P.*

gen vorzugsweise die Erscheinung, dafs, bei Aussetzung einer höheren Temperatur und ehe diese in's Gleichgewicht gekommen, die Quecksilbersäule sinkt, statt zu steigen, weil der Behälter sich durch die Ausdehnung des Glases vergröfsert, und dafs sie dagegen durch Zusammenziehung desselben steigt, statt zu sinken, sobald sie einer abnehmenden Temperatur ausgesetzt werden.

Die cylindrische, an ihren Enden schwach eyförmige Gestalt scheint mir für die meisten Beobachtungen die zweckmäfsigste. Ich finde sie sogar vorzüglicher als die Kugelgestalt, weil diese, wie vortheilhaft sie auch sonst seyn mag, gewöhnlich die Röhre im Durchmesser übertrifft, und daher leicht zerbrochen werden kann. Die cylindrische Form läfst sich, wenn man ihr eine hinreichende Länge giebt, von gleichem Durchmesser machen als der Stiel hat, selbst wenn letzterer nicht 4 bis 5 Millimeter übersteigt; auch läfst sich, wenn dieser Behälter aus der Röhre selbst geblasen, leicht sehen, ob die Blase, welche man immer bei nicht vollkommen von Luft gereinigten Thermometern wahrnimmt, etwa im Halse des Behälters stecken bleibt. Wenn endlich das Instrument von einem geschickten Künstler ausgeführt wird, mufs es sich wie in Taf. III Fig. 8, 9, 10, in einem Ringe endigen, dessen gröfste Dimension nicht den Durchmesser der Röhre und des Behälters übertrifft, um es leicht aufhängen und zugleich, zur Beobachtung der umgebenden Temperatur, herumschleudern zu können.

Bestimmt man den Ausdehnungscoëfficienten des Glases, so kann man die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers auf die wahre zurückführen; allein man weifs noch nichts Gewisses über die Unterschiede, welche durch Härtung, Anlassen und selbst die Zusammensetzung des Glases entspringen können.

Bestimmung der festen Punkte. Nullpunkt. — Man weifs gegenwärtig, ohne recht die Ursache zu wissen, dafs bei einem Thermometer, unmittelbar nach seiner An-

fertigung, der Nullpunkt sich verschiebt, nämlich steigt. Diese Verschiebung findet statt, wenn man auch, wie es gute Künstler zu thun pflegen, die Vorsicht nimmt, das Quecksilber mehre Tage nach Anfertigung des Instruments niederzustofsen (*battre le mercure*); und selbst wenn das Thermometer schon sehr alt ist, zeigt sie sich noch, sowohl bei plötzlichen Temperaturänderungen, als in Folge des Drucks der Atmosphäre auf den Behälter, oder vermöge einer Aenderung des Molecularzustandes des Glases oder irgend einer andern Ursache.

Wenn endlich das Instrument der Temperatur des siedenden Wassers oder einer noch höheren ausgesetzt worden ist, hat man bemerkt, und ich selbst habe es bei Versuchen mit einer grofsen Anzahl sehr alter Thermometer wahrgenommen, dafs der Nullpunkt erstlich sinkt, und dann steigt.

Daher ist es auch nöthig, die dem Nullpunkt entsprechende Theilung zu verificiren ehe man das Thermometer zu sorgfältigen Beobachtungen anwendet.

Es reicht dazu nicht hin, dafs man blofs den Behälter in schmelzendes, zerstofsenes Eis oder in schmelzenden Schnee stecke; vielmehr mufs das Instrument eine hinlängliche Zeit bis zum Niveau des Quecksilbers in der Röhre untergetaucht werden, und das Gefäfs mufs unten mit Löchern versehen seyn, damit das aus der Schmelzung des Eises entstehende Wasser freier abfliefsen könne. Das einfachste und zugleich zweckmäfsigste Gefäfs zu diesem Behufe ist ein Holzcylinder, wie man sie leicht in Dörfern findet und als Stampfbüchse (*égrugeoir*) verkauft.

Siedpunkt. — Die Bestimmung des Siedpunkts bietet gröfsere Schwierigkeiten dar. Sie mufs bekanntlich in dem Dampf des siedenden Wassers vorgenommen werden, und das Instrument bis zum Niveau des Quecksilbers vom Dampf umgeben seyn.

Seitdem Rudberg gefunden, dafs der Dampf des in

in einem Glasgefäfs siedenden Wassers die nämliche Temperatur hat wie der Dampf des Wassers, welches in einem Metallgefäfs siedet, kann man zu diesem feinen Versuch einen Glaskolben anwenden, der aber einen so langen Hals haben mufs, dafs er das Instrument bis zum Niveau des Quecksilbers aufnimmt. Man mufs dabei diesen Hals vor äufserer Erkaltung schützen, und darauf sehen, dafs er in keinem Punkt von dem Instrument berührt wird.

Allein die Nothwendigkeit, das Thermometer mit seinem ganzen Stiel in einen Dampfstrom zu bringen, erlaubt nicht, wie man glaubt, demselben eine grofse Länge zu geben, weil der Dampf, ungeachtet seiner steten Erneuung, in einer gewissen Entfernung von seinem Ausgangspunkt nicht mehr dieselbe Temperatur besitzt.

Es ist daher unumgänglich, dafs ein mit Sorgfalt construirtes Normalthermometer vom Schmelzpunkt des Eises bis zum Siedpunkt des Wassers nie mehr als drei bis vier Decimeter (132,99 bis 177,32 Par. Lin. etwa 11 bis $14\frac{3}{4}$ Par. Zoll) lang sey.

Es folgt daraus, dafs das Instrument nothwendig einen kurzen Gang haben, und ein Grad nur eine sehr geringe Länge auf der Röhre einnehmen müsse.

Wenn es zu Beobachtungen von Lufttemperaturen bestimmt ist, braucht man es nur für einen Bereich von 50 Grad einzurichten, und dann ist sein Gang verdoppelt. Will man es aber zu genauen Beobachtungen anwenden, die sehr empfindliche Thermometer mit grofsen Graden erfordern, so ist man genöthigt zu dem seine Zuflucht zu nehmen, was man ein Thermometerspiel (*jeu de thermomètres*) nennt. Man giebt z. B. jedem einen Umfang von 15 Grad.

So geht das eine von 0° bis 15°
das zweite - 15 - 30
das dritte - 30 - 45 u. s. w.

so dafs es, bis zum Siedpunkt des Quecksilbers nicht weniger als 20 bis 25 Thermometer bedarf.

Die Schwierigkeit, bei einer solchen Anzahl von Thermometern jedem einen Umfang und eine Gröfse des Ganges zu geben, dafs sie alle vergleichbar wären, ist so grofs, dafs nur wenige Künstler im Stande sind ein solches Spiel zu verfertigen. Es würde immer sehr kostbar seyn, und überdiefs in seiner Handhabung und seinem Transport grofse Schwierigkeiten darbieten.

Um diese Uebelstände zu beseitigen habe ich gesucht ein Quecksilberthermometer zu construiren, welches für sich allein das erwähnte Thermometerspiel ersetzen kann, dabei eben so empfindlich ist als jedes in diesem, und nicht die Länge eines gewöhnlichen Thermometers übersteigt.

Metastatisches Quecksilberthermometer.

Dieses Instrument ist so eingerichtet, dafs man das Quecksilberniveau *nach Belieben* verändern, und somit, nach Bedürfnifs, für Temperaturen, die der, welche man mit Genauigkeit zu bestimmen wünscht, nahe liegen, ein eigenes Thermometer darstellen kann. Wegen der Verschiebbarkeit des Quecksilberniveaus habe ich dieses Differential-Thermometer ein *metastatisches* genannt (von *μεθ-ἱστημι*, *verändern*, *verschieben*, *fortnehmen*).

Zur Construction desselben nehme ich ein sehr feines Haarröhrchen, dessen Mangel an Cylindricität nach dem angezeigten Verfahren berichtigt ist.

An einem seiner Enden hat es, wie ein gewöhnliches Thermometer, einen Behälter, von solchen Dimensionen, dafs wenn der Stiel eine Länge von 25 bis 30 Centimeter hat, die gesammte Anzahl der Abtheilungen seiner willkührlichen Skale etwa 15 Grad entspricht.

Das obere Ende des Stiels endigt sich in eine Kammer (Taf. III Fig. 8, 9, 10) von umgekehrter Kegelgestalt, deren Scheitel sehr ausgezogen ist. Dieser Kegel

und die Verlängerung seines Scheitels haben den Zweck, eine gewisse Menge Quecksilber, die von der im Behälter befindlichen nach Belieben abgetrennt worden ist, vertical schwebend zu erhalten, wie man es in Fig. 9 Taf. III abgebildet sieht. Um dahin zu gelangen steigert man die Temperatur bis das Quecksilber in die obere Kammer gestiegen ist (Fig. 10), und sobald das Instrument in eine Temperatur gebracht ist, die der mit Genauigkeit zu beobachtenden nahe liegt, neigt man es und giebt ihm einen leichten Stofs mit dem Finger, bis sich oben ein Stück der Quecksilbersäule ablöst, welches dann, wenn die Temperatur sinkt, in der Kammer hängen bleibt (Fig. 9).

Hierauf bringt man das Instrument in zwei Vergleichungsmittel (*milieux de comparaison*), und vergleicht die Endpunkte seiner Skale mit einem Normalthermometer. So kennt man die Anzahl der Abtheilungen seiner willkührlichen Skale, die einem Centesimalgrade entsprechen.

Das metastatische Quecksilber ist nun geregelt, und kann innerhalb der Gränzen seiner neuen Skale zu scharfen Temperaturbestimmungen angewandt werden, ohne befürchten zu dürfen, dafs das in der Kammer zurückbehaltene Quecksilber herunterfalle.

Will man hierauf das Instrument auf seinen Normalzustand zurückführen, sey es, um es in diesem Zustand anzuwenden oder zur Bestimmung anderer Temperaturen zu gebrauchen, so erwärmt man dasselbe, bis das Quecksilber im Stiel mit dem in der Kammer zurückgehaltenen (Fig. 9) wieder in Berührung kommt, und wenn diese Vereinigung stattgefunden hat (Fig. 10) läfst man die Temperatur langsam sinken, bis das Quecksilber wieder seinen früheren Platz in der Röhre eingenommen hat (Fig. 8 Taf. III).

Nichts ist leichter, wie man sieht, als dieses Instrument zu handhaben, da es immer möglich ist, die in die

konische Kammer zu bringende Quecksilbermenge nach Belieben zu vergröfsern und zu verringern, und folglich für diejenige Temperatur zu reguliren, die man für gut hält zum Ausgangspunkt zu wählen.

Anlangend den Vergleich des metastatischen Thermometers mit dem Normalthermometer, so geschieht derselbe mit desto gröfserer Genauigkeit als die wesentlichste Bedingung dazu, die vollkommene Identität der Behälter, hier leicht zu erfüllen ist. Denn die beiden, obwohl im Gange sehr verschiedenen Instrumente, können in der Gestalt und Capacität ihrer Behälter strenge identisch seyn, da das erstere eine sehr capillare Röhre besitzt, um nicht mehr als etwa 15 Grad zu umspannen, das letztere aber eine Röhre von ziemlich weitem Durchmesser hat, um auf derselben Länge mehr als 100 Grad zu fassen.

Aus Vorstehendem ersieht man, wie ein *einziges* Instrument ein ganzes Thermometerspiel von grofsem Umfang der Skale ersetzen kann. Es erlaubt Temperatur-Unterschiede, entsprechend einem Hundertel eines Centesimalgrades, *direct abzulesen*, und behält für alle Fälle, wo man es anwendet, d. h. für alle Temperaturen, die das Quecksliber anzuzeigen vermag, gleiche Empfindlichkeit.

Es ist seltner als man gemeiniglich glaubt, dafs ein Quecksilberthermometer vollkommen luftfrei sey; und bei den gewöhnlichen Thermometern ist es oft unmöglich, die Luftblase, die sie fast immer enthalten, aus dem Behälter in den oberen Theil der Röhre zu bringen. In dem metastatischen Thermometer ist es dagegen sehr leicht diese Luftblase in der konischen Kammer an seinem Ende zu sehen. Die aus der Parallaxe entspringenden Fehler endlich, die in den Thermometern von kurzem Gang bis auf einen Centigrad steigen können, sind beim metastatischen Thermometer, wenn man sie nicht vermeiden könnte, von keinem Belang, da das Instrument keinen sehr grofsen Gang besitzt.

Metastatisches Weingeistthermometer.

Zu genauen Untersuchungen, bei denen es auf die Ermittlung geringer Temperaturschwankungen ankommt, bediene ich mich eines Instruments, welches noch geringere Unterschiede angiebt als das metastatische Quecksilberthermometer.

Um diesem Instrument eine hinlängliche Empfindlichkeit zu geben, ohne dafs sein Behälter ein gröfseres Volum besitzt als das eines gewöhnlichen Thermometers vom kleinsten Durchmesser, und ohne dafs seine Länge über 2 bis 3 Decimeter hinausgeht, wende ich eine Röhre von solcher Capillarität an, dafs, wenn man an das eine Ende derselben einen Behälter angeblasen hat, die zur Füllung dieses bestimmte thermometrische Flüssigkeit, Quecksilber, auf die gewöhnliche Weise nicht hineinzubringen ist; allein der Alkohol, die Innenwand dieser Röhre benetzend, geht hinein, und füllt Röhre und Behälter. Die sonach vom Alkohol benäfste Röhre erlaubt ein Tröpfchen Quecksilber hineinzubringen, und dieses Tröpfchens bediene ich mich als Zeiger. Man sieht dasselbe an der 405ten Abtheilung der willkührlichen Skale des in Fig. 11 Taf. III abgebildeten Instruments.

Dieses Instrument endigt oben zur Seite in einem kleinen Sack (*panse*), bestimmt das Quecksilbertröpfchen aufzunehmen, welches man, wenn man will, in die Mündung der Röhre zurückfallen läfst.

Man begreift, dafs dieses Tröpfchen, einmal in die Röhre eingebracht, vermöge der Zusammenziehung und Ausdehnung des den Behälter füllenden Alkohols sinkt und steigt, und sich bei der geringsten Temperaturveränderung mit Schnelligkeit bewegt.

Giebt man dem cylindrischen Behälter des metastatischen Weingeistthermometers 4 bis 5 Millimeter Durchmesser auf 8 bis 10 in die Länge, so erhält man ein Instrument, welches bei nur 2 bis 3 Decimeter Länge den tausendsten Theil eines Centesimalgrades zu beobachten erlaubt, als entsprechend dem Werthe jeder Abtheilung,

die man noch mit bloſsem Auge, ohne Hülfe eines Kathetometers und selbst ohne eine zur Berichtigung der Effecte der Parallaxe angewandte Lupe weiter eintheilen kann.

Ein einziges dieser Instrumente, zweckmäſsig regulirt, wie das, welches ich der Gesellschaft vorlege, kann die geringsten Unterschiede bei allen dem Alkohol erträglichen Temperaturen anzeigen, da man immer im Stande ist, das Quecksilbertröpfchen bei der zum Ausgangspunkt gewählten Temperatur in die Röhre zu bringen. Dieses Instrument, dessen Umfang für die ganze Länge seiner Skale wenigstens einen Centigrad entspricht, ersetzt also für sich allein die Thermometerröhre von groſsem Gang, die nothwendig ist, um bei diesen verschiedenen Temperaturen mit Genauigkeit zu beobachten; und da die Ausdehnung des Alkohols weit beträchtlicher ist als die des Quecksilbers, so kann der Behälter weit kleiner seyn als bei einem Quecksilberthermometer mit dem engsten Haarröhrchen.

Der Behälter des metastatischen Alkoholthermometers braucht demnach nur eine sehr kleine Masse zu haben, und somit ist die wesentliche Bedingung erfüllt, um den zu untersuchenden Körpern die möglichst geringste Wärmemenge zu entziehen.

Folgendermaſsen regulire ich dieſs Instrument, um die Temperatur der Thiere zu beobachten, z. B. um die geringen Unterschiede zu beobachten, die ich in der Temperatur des Menschen aufgefunden habe.

Im Voraus wissend, daſs diese nahe an 37° C. liegt, stelle ich das metastatische Alkoholthermometer in ein Vergleichungsmittel von etwa 37°,50, dabei das Quecksilbertröpfchen in den seitlichen Sack zurückhaltend.

Hierauf schütte ich dieſs Tröpfchen aus dem Sack in den Hals der Kammer, so daſs es in die Röhre tritt sogleich wie die Temperatur des Mittels zu sinken beginnt. Ich merke mir alsdann den Punkt der willkührlichen Skale des metastatischen Thermometers, wo es

sich mit der von dem in demselben Medio stehenden Thermometer angezeigten Temperatur in Gleichgewicht hält, z. B. bei der Zahl 70, d. h. der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers, Fig. 11, wenn das Normalinstrument 37°,40 anzeigt.

Bei Anstellung eines Versuchs beobachte ich zuvörderst den Punkt, wo das Tröpfchen bei der gesuchten Temperatur stehen bleibt, z. B. bei der 405ten Abtheilung. Darauf, wenn die Temperatur des Mittels, welches zu dem ersten Vergleich gedient hat, sich unter die gesenkt hat, bei welcher das Tröpfchen während des Versuchs stehen blieb, z. B. bei 36°,40, tauche ich das metastatische und das Normalthermometer abermals in dieſs Mittel. Das Tröpfchen sinkt alsdann in der Röhre hinab, z. B. bis zum Nullpunkt, der demnach 36°,40 entspricht. Aus den beiden sonach an den äuſsersten Punkten der Röhre des metastatischen Thermometers gemachten Vergleichungen leite ich den Werth eines Grades in Theilen von seiner willkührlichen Skale ab. In dem gewählten Beispiele entspricht der Grad 700 Abtheilungen, weil in dem Mittel von 37°,40, welches zur ersten Vergleichung gedient hat, das Tröpfchen sich auf der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers befand, und weil es in dem Mittel von 36°,40 auf Null war. Ich addire also zur Vergleichungs-Temperatur 36°,40 die dem Werth von 405 Abtheilungen entsprechende Temperatur, welche, da 700 Abtheilungen auf einen Grad kommen, gleich ist 0°,578, und so finde ich, daſs die bei dem Versuch beobachtete Temperatur ist: 36°,40+0°,578 oder 36°,978.

Zu bemerken ist, daſs die Unregelmäſsigkeit der Ausdehnung des Alkohols hier von keiner Wichtigkeit ist, weil das Instrument einerseits nur einen einzigen Grad bespannt, und andererseits für eine Temperatur regulirt wurde, die von der zu beobachtenden wenig abliegt. Die Berichtigung also, die bei einem gewöhnlichen Wein-

geistthermometer wegen der Unterschiede in der Ausdehnung seiner Flüssigkeit bis zu der Vergleichungstemperatur zu machen wäre, ist hier vollständig ausgemerzt, da die letztere Temperatur vom Quecksilberthermometer angegeben wird.

Man sieht also, dafs diefs Differentialthermometer zu den verschiedenartigsten und empfindlichsten Versuchen dienlich ist. Es ersetzt das Differentialthermometer von Leslie, das Thermoskop von Rumford und den thermo-elektrischen Apparat in vielen Fällen wo ihre Anwendung Unsicherheit oder Schwierigkeiten darbieten.

Die Gestalt des Behälters kann übrigens am metastatischen Weingeistthermometer so abgeändert werden, dafs man die Unterschiede in der specifischen Leitungsfähigkeit der Körper studiren und annähernd messen kann. Ich will einige angeben, die ich zu verschiedenem Behufe gewählt habe.

Wenn man die Röhre etwas weniger capillar nimmt als bei dem Instrument Fig. 11 und dem Behälter die in Fig. 12 abgebildete Gestalt giebt, so wird das metastatische Thermometer speciell geeignet, die Temperatur-Unterschiede ebener Flächen, dünner Blättchen u. s. w. anzugeben, und das zu diesem Behufe von Fourier angewandte *Contact-Thermoskop* oder -*Thermometer* [1]) zu ersetzen.

Mit einem wie Fig. 14 gestalteten Behälter kann man sich desselben als eines thermometrischen Behälters bedienen, und dann die Wärmecapacität der Körper bestimmen, wenn diese, wie bei der Dulong'schen Methode, gepülvert worden sind, und darauf in die Höhlung, also gleichsam in das Innere, des Thermometers gebracht werden. Auch kann man auf solche Weise an Flüssigkeiten, die in den Behälter gegossen werden, die geringsten Temperatur-Veränderungen ermitteln, welche

1) S. Annalen, Bd. XIII S. 327.

sie in Folge einer Verbindung, Vermischung, Verdampfung oder Krystallisation erleiden.

Endlich sieht man aus Fig. 13 Taf. III, dafs dem Behälter eine solche Gestalt gegeben werden kann, dafs es in einer gröfseren Ausdehnung als irgend ein anderes Thermometer, cylindrische Röhren, z. B. Barometerröhren unmittelbar berührt z. B. dem halben Umfang nach umfafst.

Schliefslich mag noch die schon gemachte Bemerkung wiederholt seyn, dafs zu allen genauen Beobachtungen nur solche Thermometer anwendbar sind, die eine auf die Röhre selbst aufgetragene, willkührliche und dann durch sorgfältige Kalibrirung genau bestimmte Skale besitzen.

IV. *Ueber den vergleichenden Gang der Quecksilberthermometer aus verschiedenen Glassorten; von Hrn. J. J. Pierre.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. V p.* 427. — Mit einigen Abkürzungen.)

In einer kürzlich in die *Annal. de chimie et de physique* eingerückten Abhandlung hat Hr. Regnault gezeigt, dafs zwei Quecksilberthermometer, die beim Frost- und Siedpunkt mit einander stimmen, es nicht mehr thun in höheren Temperaturen, sobald sie nicht aus einer und derselben Glassorte angefertigt sind [1]).

Es schien mir wichtig zu untersuchen, ob diese Nicht-Uebereinstimmung sich schon zwischen 0° und 100° zeigen würde, und ob, bei Beobachtung umgebender Temperaturen, zwei Thermometer von gewöhnlicher Form, aber mit Behältern aus verschiedenen Glassorten, unter

1) S Seite 214 und 215 dieses Bandes

gleichen Umständen genau dieselbe Temperatur anzeigen würden. Die zahlreichen Anwendungen des Quecksilberthermometers auf die Meteorologie und fast alle beobachtenden Wissenschaften machten einen Vergleich dieser Instrumente unter sich nothwendig. Zu diesem Vergleich, zu dem ich durch Hrn. Regnault selbst aufgefordert wurde, und das physikalische Laboratorium des College de France zu meiner Verfügung erhielt, bediente ich mich dreier Paare Thermometer. Jedes Paar bestand aus einem Thermometer mit Behälter aus Krystallglas und einem Thermometer mit Behälter aus gewöhnlichem Glase. Ich nahm absichtlich gewöhnliches und Krystallglas zu den Behältern, um die Unterschiede in den Angaben, die zwei Thermometer bei wirklich gleicher Temperatur unter möglichst gleichen Umständen liefern, gröfser zu machen. Die Stiele jedes Thermometerpaares waren aus einem selben möglichst cylindrischen Haarröhrchen verfertigt, und mit der gröfsten Sorgfalt kalibrirt, getheilt und verificirt [1]). Der Behälter von gewöhnlichem Glase

1) Ich will hier ausführlich die bei diesen Thermometern befolgte Anfertigungsweise beschreiben; es ist dieselbe, welche Herr Regnault in seinen Vorlesungen am College de France auseinandersetzt und auch zu seinen Instrumenten angewandt hat. Ich halte diese Beschreibung für nützlich, einerseits damit man beurtheilen könne, welchen Grad von Zutrauen meine Resultate verdienen, und andererseits, um Personen, die genaue Thermometer construiren wollen, mit dieser Methode vertraut zu machen.

Man beginnt damit, aus einer grofsen Zahl von Haarröhrchen, die keine sichtbaren Mängel, als Sandkörner, örtliche Unregelmäfsigkeiten u. s. w., zeigen, solche auszuwählen, deren Kaliber möglichst nahe cylindrisch ist, wovon man sich wie gewöhnlich überzeugt, wenn man eine Quecksilbersäule darin entlang führt, und beobachtet, ob sie immer dieselbe Länge behalte. Die Röhren müssen überdiefs inwendig sehr rein seyn.

Wenn die Röhre von etwas weitem Kaliber ist, bringt man reine concentrirte Salpetersäure hinein und erhitzt dieselbe. Dadurch werden Staubtheilchen und fettige Substanzen zerstört, und wenn man nun mehrmals destillirtes Wasser in die Röhre bringt, sie vorsichtig

ward an einen der Stiele angeschmolzen, der von Krystallglas an den andern; beide hatten dieselbe cylindrische Form, dieselbe Länge, und waren aus Röhren von nahe gleicher Dicke und gleichem Durchmesser geblasen.

trocknet, so erhält man sie vollkommen rein. Bei einer sehr capillaren Röhre ist diese Reinigung schwierig.

In diese Röhre bringt man nun eine Quecksilbersäule von etwa 20 Millimeter Länge, und legt sie auf eine Theilmaschine, *dergestalt, dafs ihre Axe zusammenfällt mit der Axe des Gestells,* welche bestimmt ist, ihr eine Rotationsbewegung um sich selbst zu geben

Ein Mikroskop (*lunette*) mit Fadenkreuz, befestigt an dem Schlitten der Maschine, der das Reifserwerk trägt, erlaubt die Lage der beiden Enden der Quecksilbersäule genau zu bestimmen.

Nachdem man das Fadenkreuz auf das linke Ende der Säule gestellt und die Lage des Zeigers auf der festen Skale, auf welcher derselbe sich bewegt, aufgezeichnet hat, dreht man die Schraube und führt dadurch das Mikroskop auf das rechte Ende der Säule. Die Anzahl von ganzen Schraubengängen und deren Bruchtheilen, welche man sorgfältig aufzeichnet, giebt die Länge der von der Quecksilbersäule eingenommenen Strecke.

Durch eine umgekehrte Drehung der Schraube führt man nun das Mikroskop auf den Ausgangspunkt zurück, um zu sehen, ob sich nicht das linke Ende der Quecksilbersäule verschoben habe.

Nach dieser Prüfung zieht man auf die Röhre mittelst eines sehr feinen Pinsels einen Strich an jedem Ende des so bestimmten Intervalls.

Es ist wichtig zu bemerken, dafs es diese, sorgfältig auf ein Blatt Papier geschriebene Länge der Säule ist, welche zu unserer Kalibrirung dienen wird. Die mit dem Pinsel auf die Röhre gezogenen Striche dienen nur dazu, zwei aufeinanderfolgende Intervalle leichter End an End zu stellen.

Man läfst nun die Quecksilbersäule vorrücken, so dafs ihr linkes Ende so genau wie möglich die Lage annimmt, welche zuvor ihr rechtes Ende einnahm, und man mifst wie zuvor mit der Schraube ein zweites Intervall von gleicher Capacität mit dem ersten, versichert sich, wie vorhin, der unveränderten Lage der Quecksilbersäule, und schreibt es mit derselben Sorgfalt auf.

Nachdem man auf das rechte Ende der Säule abermals einen Strich mit dem Pinsel gezogen hat, läfst man diese wiederum vorrücken, bis ihr linkes Ende diesen neuen Strich erreicht, und so fährt man fort eine Länge der Röhre, gleich der der Schraube, in

Jeder Centigrad entsprach drei bis vier der auf die Röhre gezogenen Abtheilungen.

Um den Siedpunkt zu bestimmen, steckte man die Thermometer mittelst eines Pfropfens durch den Deckel

Intervalle von gleicher Capacität zu theilen, dabei immer sich versichernd, ehe man das Resultat jeder partiellen Operation niederschreibt, dafs das linke Ende der Quecksilbersäule sich nicht verrückt habe.

Man schiebt nun die Röhre auf ihrer Unterlage entlang und führt die Schraube auf ihren Ausgangspunkt zurück.

Bei der Construction der Thermometer, deren ich mich bediente, theilte ich von dem zuletzt auf die Röhre gezogenen Striche an ein zweites Stück derselben, wie vorhin, in Intervalle von gleicher Capacität, verfuhr eben so, wenn es nöthig war, mit einem dritten Stück, bis solchergestalt eine Länge der Röhre kalibrirt worden, die für die beiden Stiele eines jeden des zu meinen Versuchen dienen sollenden Thermometerpaares hinreichte.

Nach Beendigung dieser Operation überzieht man die Röhre mit einer dünnen Schicht eines Gemisches von Kupferstecherfirnifs und Wachs. Dieser Ueberzug, nachdem er auf der Röhre geschmolzen worden, ist so durchscheinend, dafs er die zuvor mit dem Pinsel gemachten Striche sehen läfst.

Wir können nicht genug daran erinnern, dafs die wahren Gränzen der Intervalle von gleicher Capacität, deren Längen sorgfältig aufgezeichnet wurden, *durch die Verschiebungen des Mikroskops* bestimmt sind, und dafs die Pinselstriche nur dazu dienen, die *Auffindung derselben* im Laufe der Operationen zu erleichtern.

Man ajustirt nun sorgfältig die Röhre auf ihrer drehbaren Unterlage, und theilt jedes der vorhin bestimmten Intervalle mittelst einer Stahlspitze, die als Reifser dient, in dreifsig gleiche Theile.

Es ist wichtig hier zu bemerken, dafs derjenige Theil der Schraube, der zur Eintheilung eines jeden Intervalls benutzt wird, genau derselbe ist, der vorhin zur Bestimmung von dessen Länge gedient hat, und dafs man demgemäfs unabhängig ist von den Unregelmäfsigkeiten der Schraube.

Ist diese Eintheilung für die ganze Länge der Schraube beendigt, und hat man auf dem Firnifs mittelst eines Stichels jede zehnte Abtheilung mit der gehörigen Zahl versehen, so setzt man die Röhre in einem kleinen Troge von Blei der Wirkung des Dampfs von Fluorwasserstoffsäure aus, mit der Vorsicht, das noch nicht eingetheilte Stück der Röhre sorgfältig vorher mit Firnifs zu überziehen.

Man läfst den Dampf eine hinreichende Zeit auf die Röhre wir-

eines Blechgefäfses, in welchem Wasser zum Sieden gebracht wurde. Der im Innern dieses Gefäfses gebildete Dampf ist genöthigt, nachdem er um die Thermometer circulirt hat, durch den ringförmigen Raum zu streichen,

ken, zwanzig Minuten, wenn die Striche ohne Fernrohr deutlich sichtbar seyn sollen, dagegen nur zehn Minuten, wenn man sie mit einem Fernrohr beobachten will. Sie sind alsdann viel zarter.

Die gasförmige Fluorwasserstoffsäure hat vor der flüssigen den Vortheil, dafs sie äufserst feine Striche giebt, die mattweifs sind, und dadurch sichtbar bleiben trotz der ungemeinen Zartheit, die man ihnen lassen kann, wenn man sie mittelst eines Fernrohrs ablesen will.

Die flüssige Säure hingegen giebt fast immer polirte Striche, die nur gut sichtbar sind, wenn die Röhre stark geritzt ist. Diese Striche können zu Fehlern im Ablesen Anlafs geben, in Folge der Brechung, die durch ihre schiefen Flächen hin die vom Scheitel der Quecksilbersäule ausgehenden Strahlen erleiden. Diefs ist ein sehr grofser Uebelstand, vor allem bei Stielen mit sehr gedrängter Theilung, wie sie Thermometer haben müssen, die sehr kurz sind und doch eine grofse Genauigkeit geben sollen.

Sobald der graduirte Stiel länger ist als die Schraube reicht (und das war der Fall bei allen Thermometern, deren ich mich zu meinen Versuchen bediente), so überzieht man mit demselben Firnifs ein zweites Stück der Röhre neben dem ersten; führt die Schraube auf ihren Ausgangspunkt zurück und befestigt abermals die Röhre auf ihrer horizontalen drehbaren Unterlage, so dafs sie die nämliche Lage einnimmt wie in dem zweiten Bereich der vorläufigen Operation des Kalibrirens.

Hierauf, da das Mikroskop mittelst einer Stellschraube so ajustirt ist, dafs das Fadenkreuz mit dem vom Reifser auf dem Firnifs gemachten Strich zusammenfällt, braucht man nur diefs Kreuz auf den letzten bei der vorherigen Operation gemachten Strich einzustellen, um genau unter denselben Umständen zu seyn wie wenn man einen schon angefangenen Bereich weiter fortgesetzt hätte. Die Anschliefsung (*raccordement*) geschieht mit der gröfsten Genauigkeit.

Fügen wir noch hinzu, dafs der Theil der Schraube, der zum Ziehen der Abtheilungen eines jeden Intervalls dienen soll, noch derselbe ist, welcher zur Bestimmung der Länge desselben bei der Kalibrirung des zweiten Bereichs gedient hat.

Auf dieselbe Weise und mit denselben Vorsichtsmafsregeln setzt man diesen zweiten Bereich von Abtheilungen den sauren Dämpfen aus; und darauf schreitet man zur Eintheilung eines dritten Bereichs wenn es nöthig ist.

den zwei concentrische Hüllen zwischen sich lassen. Diese doppelte Hülle hat den Zweck zu verhüten, dafs der Dampf durch Berührung mit der äufseren Luft erkalte, ehe er durch das Seitenrohr in die Atmosphäre tritt.

Wenn die Schraube der Maschine vollkommen und die Röhre wenig unregelmäfsig ist, so leuchtet ein, dafs die eben beschriebene Eintheilungsmethode vollkommene Stiele liefert, d. h. Stiele, bei denen für die ganze Länge der Röhre der Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Theilstrichen einem mathematisch constanten Volum entspricht. Eine Prüfung der mit allen diesen Vorsichtsmafsregeln getheilten Röhren zeigt, dafs man mit ein wenig Uebung diesem Resultat sehr nahe kommen kann.

Indefs um in dieser Beziehung nichts zu wünschen übrig zu lassen, um die kleinsten etwa vorhandenen Unvollkommenheiten aufzufinden und in Rechnung zu ziehen, ist es zweckmäfsig jede getheilte Röhre einer besonderen Prüfung zu unterwerfen, und das habe ich bei allen meinen Thermometern gethan.

Ich bediene mich zu dieser Prüfung eines besonderen Apparats, der nach der Angabe des Hrn. Regnault von Hrn. Deleuil verfertigt worden ist. Dieser besteht aus zwei kleinen Mikroskopen (*lunettes*), jedes versehen mit einem Fadenkreuz, und verschiebbar parallel mit dem andern in einer horizontalen Metallnuthe, auf welcher die Axen beider senkrecht sind.

Diese beiden Mikroskope dienen dazu, die Enden der Quecksilbersäule, die man zum Behufe der Prüfung in den Stiel bringt, ohne Parallaxe bestimmen zu können.

Nachdem man in den zu prüfenden Stiel eine Quecksilbersäule von willkührlicher Länge gebracht hat, legt man denselben horizontal auf eins der beiden Messinglineale, welche eine Nuthe bilden, und erhält ihn mittelst kleiner Federn (*brides à ressort*) dieser Nuthe parallel.

Man bringt das eine Ende der Quecksilbersäule auf den Nullpunkt der auf die Röhre gezogenen Graduirung, visirt mit einem der beweglichen Mikroskope darauf, und verschiebt das andere Mikroskop in der Nuthe, bis deren Fadenkreuz mit dem andern Ende der Quecksilbersäule zusammenfällt.

Nachdem man sich durch das erste Mikroskop versichert hat, dafs das erste Ende der Quecksilbersäule, welches das linke seyn mag, noch auf dem Nullpunkt der Theilung steht, zeichnet man sorgfältig die Abtheilung und ihre Bruchtheile auf, welche dem rechten Ende entsprechen.

Dadurch, dafs man die Röhre neigt und ihr kleine Stöfse giebt,

Dieses Rohr hatte einen Durchmesser von ungefähr 28 Millimeter. Eine kleine, mit der inneren Hülle gemeinschaftende Tubulatur erlaubte, mittelst eines kleinen Wassermanometers, sich zu versichern, ob der in-

führt man das linke Ende der Quecksilbersäule in eine neue Lage, z. B. auf die zehnte Abtheilung, und versichert sich davon mit dem linken Mikroskop, welches man zu dem Ende verschiebt; man verschiebt das rechte Mikroskop bis es genau auf das rechte Ende der Quecksilbersäule visirt, und nachdem man sich überzeugt, dafs das linke Ende dieser Säule noch genau mit der zehnten Abtheilung coïncidirt, schreibt man auf, welche Abtheilung und Bruchtheil derselben dem andern Ende entspricht. Hierauf läfst man die Quecksilbersäule fortgleiten, bis ihr linkes Ende mit der zwanzigsten Abtheilung zusammenfällt u. s. w., und so fährt man fort, bis die Säule die ganze getheilte Länge des Stiels durchlaufen hat.

Statt die Säule auf einmal eine Länge von zehn Abtheilungen zu verschieben, kann man sie offenbar bei jeder einzelnen Operation eine weniger grofse Zahl von Abtheilungen, z. B. fünf, durchlaufen lassen. Wenn man indefs die Stiele mit grofser Sorgfalt ausgewählt und kalibrirt hat, so ist es nicht nöthig sich auf so kleine Verschiebungen der Prüfungs-Säule zu beschränken.

Nachdem man diese Prüfung ausgeführt, macht man eine zweite mit einer Quecksilbersäule von anderer Länge, die aber so viel wie möglich kein Multiplum oder Submultiplum der ersteren seyn mufs. Mit denselben Vorsichtsmafsregeln macht man mit Quecksilbersäulen von anderen Längen noch drei oder vier.

Eine sehr wichtige Vorsicht, die man bei diesen Operationen niemals verabsäumen mufs, besteht darin, sich am Ende der Operation zu versichern, dafs die Quecksilbersäule ihre Länge nicht durch eine Temperaturänderung geändert habe. Zu dem Ende führt man die Quecksilbersäule auf den Theil der Röhre zurück, welcher der ersten Prüfung unterworfen wurde, und sieht zu, ob sie daselbst noch dieselbe Länge einnimmt wie zuvor.

Die Anzahl der Abtheilungen und deren Bruchtheile, welche die Verschiebung des rechten Endes der Säule ausdrückt, ist offenbar gleichwerthig der Anzahl von Abtheilungen, um welche das linke Ende derselben Säule verschoben worden ist, d. h. in dem gewählten Falle, um zehn Abtheilungen.

Die Anwendung mehrer Quecksilbersäulen von verschiedener Länge, die nicht in einem einfachen Verhältnifs zu einander stehen, gestattet, entweder geradezu mittelst jeder von ihnen oder durch eine zweckmäfsige Combination derselben, die verschiedenen Theile der Capaci-

nere Druck dem äufsern gleich sey. Der Behälter des Thermometers und der Stiel desselben, so weit er Quecksilber enthielt, waren vollständig in den Wasserdampf getaucht und aufser Berührung mit der siedenden Flüssigkeit. Der Kessel ist ganz dem ähnlich, welchen Hr. Regnault beschrieben hat [1]).

Zur Bestimmung des Nullpunkts umgab man den Behälter und die Quecksilbersäule mit sehr fein zerstofsenem Eise. Diefs Eis befand sich in einem cylindrischen Gefäfse, dessen Boden durchlöchert war, um das aus der Schmelzung des Eises entstehende Wasser abfliefsen zu lassen.

Wenn der Druck, unter welchem das Wasser siedete,

tät des Stiels in Function von einander oder alle in Function des regelmäfsigsten auszudrücken, d. h. desjenigen, in welchem die Quecksilbersäule bei ihrer Verschiebung am wenigsten ihre Länge veränderte.

Da dieser durchaus regelmäfsige Theil keine grofse Länge haben kann, so ist einleuchtend, dafs man die Gränzen desselben mittelst einer kurzen Säule ermitteln müsse.

Die Anwendung langer Säulen erlaubt, sehr weit abständige Theile des Stiels in Function von einander, unabhängig von dem Werth der dazwischen liegenden Theile zu bestimmen.

Man erhält sonach alle nöthigen Angaben um eine oder mehre Berichtigungstafeln zu construiren, d. h. eine oder mehre Tafeln, in welchen die Zahlen der auf dem Stiel angegebenen Abtheilungen sämmtlich ausgedrückt sind in Normal-Abtheilungen oder in Abtheilungen einer idealen, vollkommen cylindrischen Röhre von gleichem Durchmesser mit dem Theil der Röhre, welchen man zu diesen Normal-Abtheilungen erwählt hat.

Wenn alle diese Prüfungen wohl ausgeführt sind, können offenbar die verschiedenen Berichtigungstafeln, die man daraus ableitet, nur noch äufserst kleine Unterschiede darbieten.

Sobald die Röhren nach dem vorhin beschriebenen Verfahren kalibrirt worden, sind die Berichtigungen, welche man durch diese Prüfungsmethode findet, immer äufserst klein und oft ganz zu vernachlässigen.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. IV.* (Annalen, Bd. LV Taf. IV Fig. 6.)

dete, nicht genau 760 Millimeter betrug, und dieſs war meistens der Fall, so nahm man an, daſs ein Druckunterschied von $\pm 26^{mm},7$ einem Unterschied von ± 1 Centigrad in der Siedhitze des Wassers entsprach.

Um den Werth von 100 Graden der Centesimalskale in Abtheilungen der Röhre festzusetzen, bestimmte man immer den Siedpunkt vor dem Nullpunkt, eine Vorsicht, die bekanntlich nicht gleichgültig ist, da der Nullpunkt, wenn man das Thermometer auf 100 erhitzt, eine Verschiebung erleidet.

Ehe man die festen Punkte der Thermometerskale aufzeichnete, lieſs man die Quecksilbersäule wenigstens eine halbe Stunde lang stillstehen.

Der Stiel eines jeden Thermometers hatte oben ein Behälter voll ganz trockner Kohlensäure, damit die Quecksilbersäule immer unter gleichem Druck verbleibe.

Während der Bestimmung des Nullpunkts und während der des Siedpunkts blieben die beiden Thermometer eines jeden Paars beständig mit ihren Behältern dicht neben einander und mit den Stielen parallel unter sich. Behälter und Stiel wurden bei dem Versuch immer auf dieselbe Weise und gleichzeitig in das zur Erhöhung ihrer Temperatur bestimmte Mittel getaucht. Endlich blieben sie während den Zwischenzeiten der verschiedenen Versuchsreihen, zu denen sie dienten, ebenfalls neben einander, in dasselbe Mittel eingetaucht.

Zwei so construirte Thermometer befanden sich offenbar unter den günstigsten Umständen, um eine etwa vorhandene Verschiedenheit ihres Ganges, bei wirklich gleicher Temperatur, zum Vorschein zu bringen.

Um mit beiden Thermometern eines jeden Paars die vergleichenden Beobachtungen anzustellen, legte man sie horizontal neben einander, und genau auf dieselbe Weise in einen Kasten mit Wasser, welches *während der ganzen Dauer der Versuche* beständig umgerührt wurde.

Jede Versuchsreihe dauerte acht bis zehn Stunden,

und man traf dabei die Vorsicht, nur die *Maxima* der Temperatur zu beobachten, d. h. wenn die Temperatur sich derjenigen näherte, bei welcher man eine Beobachtung machen wollte, so schwächte man das Feuer, machte die Temperatur durch die gewöhnlichen Hülfsmittel so stationär wie möglich, und wartete bis die Temperatur zu sinken anfing. Da die Stiele beider Thermometer horizontal und einander parallel lagen, so konnte man in beiden die Quecksilbersäule beobachten, und an jedem das Maximum wahrnehmen, welches gewöhnlich mehre Minuten anhielt. Diese Beobachtung geschah mittelst eines kleinen Fernrohrs (*lunette*) von solcher Einrichtung, dafs man zugleich beide Thermometer ablesen konnte.

[Der Verf. theilt nun seine Vergleiche ausführlich mit; wir begnügen uns hier, diejenigen daraus hervorzuheben, die dem kleinsten und gröfsten Unterschied entsprechen.

Reihe.	Thermometer.			Reihe.	Thermometer.		
Erste	No. I.	No. II.	Unterschd.	Vierte	No. V.	No. VI.	Untrsch.
	52°,32	52°,33	−0°,01		88°,26	88°,27	−0°,01
	59 ,04	58 ,91	+0 ,13		73 ,49	73 ,32	+0 ,17
Zweite	No. I.	No. II.		Fünfte	No. VII.	No. VIII.	
	72°,39	72°,40	−0 ,01		61°,75	61°,76	−0°,01
	45 ,56	45 ,44	+0 ,12		83 ,11	83 ,01	+0 ,10
Dritte	No. III.	No. IV.					
	51°,32	51°,35	−0 ,03				
	72 ,38	72 ,25	+0 ,13				

Die Unterschiede der verglichenen Thermometer hatten übrigens einen wenig regelmäfsigen Gang, und zuweilen waren sie bei auf- und absteigender Temperatur an gleichen oder nahe gleichen Punkten der Skale beträchtlich verschieden. So zeigten No. I und II in der zweiten Reihe erstlich: 71°,88 und 71°,80, also Unterschied: +0,08, und dann: 72°,39 und 72°,40, also Unterschied: −0,01. *P.*]

Bei den *ersten vier Versuchsreihen* hatten die Thermometer No. I, III, V Behälter von Krystallglas, die No. II, IV, VI von gewöhnlichem Glas.

Aus der dritten Kolumne jeder Reihe kann man ersehen, dafs die Unterschiede im Allgemeinen sehr klein sind, und dafs die gröfsesten nicht immer zwischen dieselben Temperaturgränzen fallen; die Constanz der Zeichen dieser Unterschiede, scheint indefs anzudeuten, dafs *unter gleichen Umständen und zwischen den beiden festen Punkten der hunderttheiligen Skale das Thermometer mit Behälter von Krystallglas dem mit Behälter von gewöhnlichem Glase ein wenig vorausgeht.*

Die Sorgfalt, mit welcher diese Stiele geprüft worden sind, erlaubt kaum die Unterschiede Fehlern in der Kalibrirung zuzuschreiben; wenigstens wäre es sehr ungewöhnlich, wenn diese Fehler bei allen drei Thermometerpaaren immer in denselben Sinn fallen sollten. Um indefs in dieser Beziehung keinen Zweifel übrig zu lassen, vertauschte man die Behälter der Stiele No. V und VI, d. h. man löthete den Krystallglas-Behälter des No. V an No. VI, wodurch das Thermometer No. VII entstand, und den Behälter von gewöhnlichem Glase des No. VI an No. V, wodurch das Thermometer No. VIII erhalten wurde. Die damit angestellte fünfte Reihe bestätigte das Resultat der früheren Reihen.

§. II.

Ich hielt es für zweckmäfsig, mit solchen Thermometern die Beobachtungen zu wiederholen, welche von Hrn. Regnault in höheren Temperaturen an Gewichtsthermometern aus verschiedenen Glassorten gemacht worden sind.

Zu dem Ende verkürzte ich an den Thermometern No. III und IV des zweiten Paars die Länge der Behälter auf ein Drittel, um ihre Temperatur auf 300° C. und darüber bringen zu können. Diese Vorsicht hatte zugleich den Zweck, den Gang an Thermometern, die identisch aus denselben Substanzen wie die zwischen 0° und 100° verglichenen bestanden, über 100° zu vergleichen.

Zur Anstellung dieser Versuche wurden die beiden

Thermometer neben einander gebracht, so dafs ihre Behälter in gleicher Höhe und fast in Berührung waren. Man befestigte sie in senkrechter Stellung in einen Kork im Deckel eines rechteckigen Kastens von Kupfer, der, mit Oel gefüllt, auf einem Ofen stand. Dieser Kasten war genau derselbe, dessen sich Hr. Regnault bei den erwähnten Versuchen bediente [1]).

Das Oel wurde während der ganzen Dauer des Versuchs beständig umgerührt, mittelst drei Rührwerkzeuge, welche die Herstellung einer fast gleichförmigen Temperatur-Vertheilung durch die ganze Masse der Flüssigkeit erlaubten.

Wie bei den vorhergehenden Versuchen dämpfte man, wenn man eine Temperatur-Beobachtung machen wollte, das Feuer und verschlofs die Züge des Ofens, bis die anfangs steigende Temperatur darauf zum Stillstand kam und nun sank. Man zeichnete nur das von jedem Thermometer angegebene Maximum auf, welches übrigens bei beiden Instrumenten zu gleicher Zeit eintrat.

Um bei der Temperatur-Bestimmung Refractionsfehler zu vermeiden, machte man die Beobachtung mittelst eines kleinen horizontalen Fernrohrs.

Vor jeder Beobachtungsreihe bestimmte man an jedem Thermometer und unter ganz identischen Umständen die Punkte 0° und 100°.

Die Resultate waren (bei zwei oder drei gemachten Reihen; die dritte ist hier fortgelassen *P.*) folgende:

1) *Annal. de chim. et de phys. Ser. III T. V p.* 85. (Annalen, S. 200 dieses Bandes.)

Erste Reihe.			Zweite Reihe.		
No. III.	No. IV.	Uebersch. des Krystallthermometers	No. III.	No. IV.	Uebersch. des Krystallthermometers.
156°,57	155°,63	0°,94	195°,00	194°,07	0°,93
203 ,83	201 ,20	2 ,68	249 ,22	247 ,95	1 ,27
248 ,33	245 ,09	3 ,24	315 ,04	312 ,25	2 ,49
274 ,50	271 ,19	3 ,31			
273 ,79	270 ,51	3 ,28			
313 ,69	310 ,83	2 ,86			

Die folgenden Beobachtungen wurden beim Erkalten des Kastens gemacht. Durch einige Kohlen hielt man momentan das Erkalten an, und beobachtete wie vorhin das Maximum:

300°,83	297°,86	2°,97	307°,28	304°,68	2°,60
257 ,91	255 ,11	2 ,80	236 ,71	235 ,77	0 ,94
233 ,36	230 ,87	2 ,49			

Ein Blick auf die dritte Spalte jeder Reihe zeigt, dafs *das Thermometer mit Behälter von Krystallglas beständig vor dem mit Behälter von gemeinem Glase voraus ist, und dafs der Unterschied, im Allgemeinen mit der Temperatur steigend, wie schon* Hr. Regnault *beobachtete, sich auf mehre Grade belaufen kann, wenn die Temperatur auf* 250° *bis* 300° C. *gebracht worden.* Indefs sind unsere Unterschiede nicht dieselben, was aber nicht verwundern darf, da wir nicht mit denselben Glassorten experimentirten, und überdiefs nach einer Bemerkung des Hrn. Regnault, die ich oftmals zu bestätigen Gelegenheit hatte, *man nicht immer genau denselben Ausdehnungscoëfficienten für einen selben Glasapparat findet* [1]*), obwohl die Umstände scheinbar identisch sind.*

1) Diese Bemerkung erlangt eine neue Bestätigung durch die Verschiedenheit der Resultate, die Hr. Regnault und Hr. Magnus beim Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer gefunden haben.

§. III und IV.

[In diesen Paragraphen beschäftigt sich der Verf. mit der Untersuchung, welche Verschiebungen der Frost- und Siedpunkt der Thermometer erleide, wenn man sie abwechselnd hohen und niedrigen Temperaturen aussetzt. Er hat darüber eine sehr bedeutende Anzahl von Versuchen angestellt. Da indefs derselbe Gegenstand von Marcet, Egen, Despretz, Legrand und anderen Physikern schon genügend bearbeitet worden ist, so beschränken wir uns hier darauf, nur die Folgerungen mitzutheilen, die der Verf. aus seinen Resultaten zieht. *P.*]

Setzte man das Thermometer No. I erst dem Frost- und dann dem Siedpunkt aus, so gab es an verschiedenen Tagen für das Intervall der beiden Punkte Unterschiede von 0°,29; 0°,35; 0°,42 und im Maximo von 0°,6 C. Setzte man es erst dem Siedpunkt und dann dem Frostpunkt aus, so waren an verschiedenen Tagen die Unterschiede 0°,43; 0°,44 und im Maximo 0°,47 C.

Das Thermometer No. II, erst dem Frost- und dann dem Siedpunkt ausgesetzt, gab für dasselbe Intervall Unterschiede von 0°,18 bis im Maximo 0°,26, erst dem Sied- und dann dem Frostpunkt ausgesetzt, einen Unterschied von 0°,11.

Aus dem Vergleich dieser Beobachtungen scheint zu folgen, dafs der absolute Werth des Intervalls zwischen 0° und 100° geringere Schwankungen darbietet, wenn man den Nullpunkt nach dem Siedpunkt nimmt, als wenn er vorher genommen wird. Es geht auch hervor, dafs der absolute Werth dieser Variationen, unter sonst gleichen Umständen, geringer ist bei Thermometern mit Behältern von gemeinem Glase als mit Behältern von Krystallglas.

Was die Verschiebungen des Nullpunkts allein betrifft, so waren sie bei den Thermometern mit den zweierlei Behältern von gleicher Gröfse und in gleichem Sinn, übrigens äufserst unregelmäfsig. Bei den Thermometern

No. III und IV hatte die Eintauchung in ein Oelbad von 300° C. eine rasche Erhöhung des Nullpunkts von fast einem Grad zur Folge.

Wenn es erlaubt ist aus einer so kleinen Zahl von Versuchen Schlüsse zu ziehen, sagt der Verf. am Ende seiner Abhandlung, so würde ich folgende wagen:

1) Zwei Thermometer, mit gleicher Sorgfalt construirt, die für den Punkt 100° und den Punkt 0° mit einander stimmen, thun es nicht immer genau für Punkte, die gegen die Mitte dieses Intervalles liegen. Die Unterschiede scheinen indefs sehr gering, und in den meisten Fällen zu vernachlässigen zu seyn.

2) Zwei Quecksilberthermometer von gewöhnlicher Form, das eine mit einem Behälter von Krystallglas, das andere mit einem von gemeinem Glase, welche bei den Punkten 100° und 0° übereinstimmen, können unter identisch denselben Umständen um mehre Grade in ihren Angaben von einander abweichen, wenn sie auf 250° bis 300° gebracht werden.

3) Der absolute Werth des Intervalls zwischen den beiden festen Punkten der hunderttheiligen Skale, auf dieselbe Weise und mit denselben Vorsichtsmafsregeln bestimmt, ergiebt sich nicht immer gleich, und es scheint als erlitten die Thermometer mit Behältern aus gemeinem Glase in dieser Beziehung weniger beträchtliche Veränderungen als die Thermometer mit Behältern aus Krystallglas.

Da indefs nichts veränderlicher ist als die Zusammensetzung der käuflichen Glassorten, und die Arbeit des Glasbläsers einen schwierig zu ermittelnden Einfluſs auf die Molecular-Abänderung der Substanz der Thermometer-Behälter ausüben kann [1]), so scheint der gegründetste und wichtigste Schluſs aus dieser Arbeit der zu seyn, dafs das Quecksilberthermometer, selbst mit der

1) *Ann. de chim. et de phys. T. IV p.* 66 *et* 67. (Ann. Bd. *LV* S. 587)

gröfsten Vorsicht und mit Beachtung aller der bisher von den Physikern nachgewiesenen Fehlerquellen construirt, noch grofse Unsicherheiten in seinen Angaben einschliefst, die man bei Versuchen, wo man nach etwas grofser Genauigkeit strebt, nicht aufser Acht lassen darf [1]).

1) Im Ganzen möchte gegen diese Folgerung nichts einzuwenden seyn, doch man kann sich kaum des Verdachtes erwehren, als habe der Verf. einen Theil seiner Resultate künstlich erzeugt, dadurch, dafs er bei den Thermometern mit Behältern aus Krystallglas die Röhre von gemeinem Glase nahm, also Glasarten von verschiedener Ausdehnbarkeit an einander löthete. Es wäre daher wohl zu wünschen, das der Verf. seinen Vergleich mit Thermometern, die ganz aus der einen und der andern Glassorte verfertigt wären, wiederholte.

Ein kleiner Unterschied könnte freilich noch in diesem Fall zwischen den Angaben zweier solcher Thermometer stattfinden, selbst wenn die Ausdehnung des Glases gar keine Anomalien darböte. Wie ich nämlich in dies. Ann. Bd. XXXXI S. 372 entwickelt habe, ist, wenn $1+\Delta_t$ und $1+\Delta_{100}$ die wahren Volume des Quecksilbers, und $1+\delta_t$ und $1+\delta_{100}$ die wahren Volume des Glases in den Temperaturen t^0 und 100^0 bezeichnen, die Zahl q_t der Grade, welche ein Quecksilberthermometer in der Temperatur t anzeigt:

$$q_t = \frac{\Delta_t - \delta_t}{\Delta_{100} - \delta_{100}} \cdot \frac{1+\delta_{100}}{1+\delta_t} \cdot 100,$$

woraus folgt, dafs, genau genommen, jedes Thermometer, auch selbst wenn die Anwüchse Δ_t und δ_t den Temperaturen proportional sind, niemals, aufser bei 0^0 und 100^0, die Temperatur geradezu angiebt, sondern eine Berichtigung erfordert, die noch dazu verschieden ist nach der Ausdehnbarkeit der Glashülle.

Setzt man z. B. die Ausdehnung des Glases für 100 Grad, nach Regnault's Versuchen (Ann. Bd. LV S. 587) einmal zu 0,0025 und dann zu 0,0021, und nimmt überdiefs, in Ermanglung genauer Angaben, an, sie sowohl wie die des Quecksilbers sey der Temperatur proportional, so findet man:

für wahre Temperatur	Thermometerangabe, $\delta_{100}=0{,}0025$.	$\delta_{100}=0{,}0021$.
50^0	50,07	50,05
300^0	298,51	298,75.

Die Abweichung von der wahren Temperatur wäre also bei 50^0 respective $0^0{,}07$ und $0^0{,}05$, der Unterschied mithin $0^0{,}02$; bei 100^0 dagegen respective $1^0{,}49$ und $1^0{,}25$, der Unterschied also $0^0{,}24$, und zwar im entgegengesetzten Sinn. *P.*

V. *Thermo-chemische Untersuchung;* von H. Hefs.

(Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 21. Oct. 1842, und mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

(Fortsetzung der Abhandlung, Bd. LVI S. 604.)

Antwort auf Hrn. Graham's Bemerkungen über die Constitution der schwefelsauren Salze.

138) In der Sitzung der Londner Chemical Society, welche am 18. Januar 1842 gehalten wurde, las Hr. Graham einen Aufsatz, welcher mit folgenden Worten anfängt: »Der Prof. Hefs und der Dr. Andrews haben beide ihre Untersuchungen über die Menge der bei chemischen Verbindungen entwickelten Wärme dazu benutzt, um die Richtigkeit einer von mir früher publicirten Theorie über die Constitution der sauren Salze und der Doppelsalze zu prüfen. Es ist *merkwürdig*, dafs beide zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangen.« —

In der That glaubte ich durch einige früher (§. 73) angeführte Versuche die Unrichtigkeit von Graham's Theorie bewiesen zu haben; da Hr. Andrews aber zu ganz entgegengesetzten Schlüssen gelangt war, so nimmt Hr. Graham die Sache wieder auf, wiederholt einige Versuche, ergänzt sie durch neue, und entscheidet sich endlich zu Gunsten dessen, der seine Ansichten unterstützt.

Viele der Leser dieser Annalen, welche meine Versuche nicht mit ganzer Aufmerksamkeit verfolgt haben werden, möchten vielleicht glauben, dafs es sich um eine sehr specielle Sache handele, welche kein allgemeines Interesse darbiete: es liegt mir daran, wo möglich ihnen eine andere Ansicht beizubringen.

139) Seitdem die Untersuchungen über die bestimm-

ten Proportionen in den Verbindungen einen so einfachen Ausdruck in der atomistischen Theorie gefunden hatten, entdeckte man, zuerst im Mineralreich, manche Analogien in den Zusammensetzungen, welche durch *allgemeine* chemische Formeln dargestellt wurden, und so einzelne bestimmte (typische) Zusammensetzungen darboten. Die Entdeckung der Isomorphie zeigte, dafs die Mehrzahl der Elemente solcher Verbindungen durch andere ersetzt werden konnten, ohne den wesentlichen Charakter (den man jetzt *Typus* nennt) zu zerstören. — Diese Abstraction mufste nothwendigerweise einen wesentlichen Einflufs auf die Entwicklung der Wissenschaft ausüben. Darauf gestützt, konnte man nachweisen, dafs zwei Verbindungen, obgleich aus zum Theil verschiedenen Elementen zusammengesetzt, doch eine analoge Zusammensetzung und eine gleiche Constitution besafsen. — Wie war aber diese Constitution beschaffen? das ist eine Frage, welche dieses Princip nicht zu beantworten vermochte.

140) So lange also das Princip nur auf das Studium der Mineralkörper angewandt wurde, blieben die Fälle der Substitution eines Elementes durch ein anderes nur sehr beschränkt, denn hier dominirt eigentlich der äufsere Charakter. Als aber die schönen Forschungen von Dumas dem Gesetz der Substitutionen die ganze Ausdehnung verliehen, welche mit der Beweglichkeit der Elemente einer organischen Substanz verträglich sind, da wurde die Idee des Typus gleichsam der Ausdruck der Gemeinschaft gewisser Fundamental-Reactionen, diente seitdem als eines der schönsten Mittel zur Orientirung, und erlaubte, die Analogie der Constitution auf allen Abwegen dieses grofsen Labyrinthes zu verfolgen. Defsungeachtet wurde dadurch der Charakter des Princips nicht geändert; seine Wirksamkeit dehnte sich aus, aber änderte ihre Natur nicht, und am Ende sagt es uns immer nur: »die und die Substanzen sind analog zusammengesetzt,« aber es kann uns nicht sagen, wie ihre Con-

stitution eigentlich beschaffen ist. So ist z. B. die Frage ob ein Salz, wie das schwefelsaure Kali, aus einem Oxyd und einer Säure zusammengesetzt sey, wie Lavoisier es glaubte, oder aus einem Metall und einem zusammengesetzten Salzbildner, wie Davy es vermuthete, nicht um einen Schritt vorwärts gerückt. — Hier stiefs die Wissenschaft auf eine Schranke, welche sie nicht zu überschreiten vermochte, obgleich es ohne Zweifel ist, dafs, wenn die Frage erst für einen einzigen Fall gelöst wäre, sie es auch für viele andere seyn würde, die alle wohlbezeichnet dastehen.

141) Aehnliche Betrachtungen waren es, die mich auf den Gedanken brachten, dafs man, um diese Schranke zu überschreiten, zu anderen Mitteln seine Zuflucht nehmen müsse, als die gewöhnlich gebrauchten. Ich sah bald ein, dafs es unter den Erscheinungen, welche jede chemische Verbindung begleiten, es eine wesentliche giebt, welche nicht hinreichend studirt war; ich meine die Wärme-Entwicklung. Mehr als ein Mal hatte ich mich mit diesem Gegenstande befafst, wie eine Abhandlung, welche ich im Jahre 1831 vorgelesen habe, es bezeugen kann. Aber erst 1839 war es, dafs ein länger fortgesetztes Nachdenken mich ahnen liefs, dafs die Fälle, wo die Erscheinungen minder auffallend sind, die lehrreichsten seyn können. Nach einigem Tappen blieb ich bei dem Studium der Wärmequantitäten, welche die Verbindungen der Schwefelsäure mit Wasser entwickeln. Da sah ich ohne Zweifel, dafs das Atom, welches am festesten gehalten wird, auch die meiste Wärme entwickelt, und ich wurde in der Meinung bestärkt, dafs die Menge der entwickelten Wärme zum Maafse der Verwandtschaft würde dienen können.

142) Schon lange vor mir hatte man bemerkt, dafs die Verbindung solcher Stoffe, welche mit den stärksten Verwandtschaften begabt sind, auch von den auffallendsten Erscheinungen begleitet wird; diese allgemeine Be-

merkung gründete sich aber nicht auf genaue Versuche und Messungen; man hatte sie nicht verfolgt. — Zwar bin ich vollkommen überzeugt, dafs, wenn Lavoisier länger gelebt hätte, man diesen Weg nimmer verlassen hätte; aber das Schicksal hatte darüber anders entschieden, und als manche Jahre später Dulong die Frage über die Menge der entwickelten Wärme wieder vornahm, wurde er der Wissenschaft entrissen, ehe er die Geheimnisse veröffentlichen konnte, welche er der Natur abgelauscht haben mochte.

143) Im Verfolge meiner Untersuchungen stellte ich fest, dafs, auf welchem Wege eine Verbindung auch zu Stande komme, *die Menge der bei ihrer Bildung entwickelten Wärme immer constant sey*, es möge die Verbindung auf directem oder indirectem Wege, auf ein Mal oder in verschiedenen Zeiträumen zu Stande kommen. — Dieser Grundsatz ist so einleuchtend, dafs, wenn ich ihn nicht für schon hinreichend hielte, ich keinen Anstand nehmen würde ihn als Axiom aufzustellen. — Ungeachtet dieser Evidenz kann man dieſs Gesetz nicht zu viel wiederholen, denn, wie ich mehr als ein Mal zu zeigen Gelegenheit haben werde, sind die meisten Fehler, die man bei der Beurtheilung der entwickelten Wärmemenge begeht, in der Nichtbeachtung dieses Gesetzes begründet.

144) Unter den Verbindungen, deren Bildung ich verfolgte, begegnete ich vorläufig einer, welche eine deutlich gestellte Frage über die Constitution eines Salzes darbot. Es ist das saure schwefelsaure Kali. Zwei Hypothesen existiren über seine Constitution. Berzelius, und mit ihm ein grofser Theil der jetzt lebenden Generation, betrachtet das saure schwefelsaure Kali als ein wahres Doppelsalz $\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S}$. Graham hingegen sieht dieſs Salz als $\dot{H}\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S})$ an. Diese Hypothese ist neuerer, und scheint den Vortheil zu haben, den Gang der Bildung des Salzes vorzustellen. Betrachtungen über die

Quantitäten von Wärme, welche bei der Bildung dieses Salzes entwickelt werden, schienen mir aber die Unrichtigkeit beider Hypothesen zu beweisen, und ich glaubte, dafs die Elemente auf eine andere Weise geordnet seyen. — Dieses ist es nun was Graham bestreitet, und dabei stützt er sich nicht nur auf die früheren Gründe, sondern beruft sich auch auf die *Wärme-Entwicklung*. Er nimmt also die Discussion auf denselben Grundlagen an, nur gelangt er zu einem verschiedenen Endschlufs. Es kommt also darauf an zu untersuchen, ob die Wärme-Entwicklung mit beiden Meinungen gleich verträglich sey, oder ob einer von beiden Theilen sich nicht etwa auf falsche Thatsachen oder falsche Schlüsse stütze. Man sieht leicht ein, dafs es der Wissenschaft nicht sowohl darum zu thun seyn kann, ob Hr. Graham oder ich Recht habe, wohl aber darum, ob die Gründe, welche man aus den Phänomenen der Wärme hernehmen könnte, ein kräftigeres Mittel darbieten, um die Natur auszuforschen, als die, welche der Chemie bis jetzt zu Gebote standen. Es ist daher nothwendig die Frage in ihrem Zusammenhange zu überblicken.

145) Man wufste seit lange, dafs Salze, welche Krystallwasser enthalten, vermögend sind, sey es bei der gewöhnlichen, sey es bei wenig erhöhter Temperatur, zu verwittern. Einige dieser Salze verlieren nicht alles Wasser, sondern behalten häufig ein Atom mit so viel Kraft, dafs es nur durch gelindes Glühen ausgetrieben werden kann. Diefs findet zum Beispiel bei der schwefelsauren Bittererde statt. Hr. Graham bereicherte unsere Kenntnisse durch eine neue Thatsache. Er zeigte, dafs, wenn man zur Auflösung dieses Salzes neutrales schwefelsaures Kali zufügt, dieses dann gerade dasjenige Atom Wasser ersetzt, welches mit der gröfseren Kraft zurückgehalten wird:

$$\dot{M}g\ddot{S}(\dot{H})+6\dot{H}$$
$$\dot{M}g\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S})+6\dot{H}.$$

Um dieses Atom Wasser näher zu bezeichnen, benennt es Graham *salinisches Wasser*, und um dessen Rolle besser zu bezeichnen, sagt er uns, dafs diefs Wasser eine Vorkehrung der Natur sey, um die Bildung der Doppelsalze zu vermitteln. Er findet, dafs das Atom salinischen Wassers und das schwefelsaure Kali in der Construction beider oben angeführten Salze aequivalent sind. Jetzt zieht er daraus den Schlufs, »dafs man also vernünftiger Weise erwarten dürfe, das salinische Wasser durch schwefelsaures Kali ohne Wärme-Entwicklung ersetzt zu sehen.« Dieser Schlufs scheint mir das Vorausgesetzte nicht zu beweisen: und einen Doppelsinn zu enthalten, der in dem Worte *aequivalent* liegt. In der That kann ein Stoff den andern verdrängen und sein Aequivalent in Beziehung auf die Stelle seyn, d. h. im Sinne der mechanischen Construction; aber immer wird man vermuthen, dafs ein Stoff, der den andern verdrängt, mächtiger ist als der verdrängte. Es wird also in einer andern Beziehung, d. h. im Sinne der Kraft, die ihn in der Verbindung erhält, wenig wahrscheinlich, dafs beide aequivalent seyn sollten. So z. B. nehmen in folgenden schwefelsauren Salzen, laut der gewöhnlich angenommenen Meinungen $\dot{A}g\ddot{S}$; $\dot{K}\ddot{S}$; $\dot{C}u\ddot{S}+5\dot{H}$; $\dot{M}g\ddot{S}\dot{H}+6\dot{H}$ alle Basen dieselbe Stelle ein; sind wir aber deshalb berechtigt anzunehmen, dafs sie sich ohne Wärme-Entwicklung ersetzen können? Und sind wir nicht vielmehr genöthigt die Erfahrung zu befragen?

146) Von diesem wenigstens gewagten Schlusse geht Graham zu einer neuen Voraussetzung über; er glaubt, dafs das Bihydrat der Schwefelsäure und das saure schwefelsaure Kali analog zusammengesetzt sind:

$$\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$$

$$\dot{H}\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S}).$$

Nichts sagt uns aber, dafs diese Analogie wirklich existire. Ich möchte gerne wissen, warum das schwefelsaure

Kali nicht eben so gut das erste oder basische Atom Wasser besitzen sollte als das zweite? — Wenn man die Zeichen in einer gewissen Ordnung schreibt, giebt es allerdings eine gewisse Analogie, aber nichts sagt uns, dafs diese Versetzungen, die nichts auf dem Papier zu machen hindert, auch wirklich in der Natur stattfinden.

Hier hilft sich Hr. Graham mit einer neuen Voraussetzung: er glaubt, dafs folgende zwei Salze analog zusammengesetzt sind:

$$\dot{M}g\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S})$$
$$\dot{H}\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S}).$$

Hr. Graham sieht darin zwei Doppelsalze. Diese Voraussetzung ist aber ganz willkührlich, und beruht blofs auf der Anordnung der Formeln. Er schliefst also auf folgende Weise: Da in den Fällen, wo zwei Neutralsalze zu einem Doppelsalze zusammentreten, keine Wärme-Entwicklung stattfindet, so ist es natürlich anzunehmen, dafs auch keine Wärme-Entwicklung bei der Bildung des sauren schwefelsauren Kalis statt hat, weil das auch ein Doppelsalz ist. — Man sieht also gleich ein, wie weit man mit solchen Schlüssen kommen kann; was ich aber mit voller Ueberzeugung aussprechen mufs, ist: dafs ich nicht die Absicht habe, daraus Hrn. Graham speciell einen Vorwurf zu machen; leider ruhen in der Chemie manche Theorien auf keinen besseren Grundlagen. Aber ein gewagter Schlufs könnte dennoch von der Erfahrung gerechtfertigt werden, und ist man nicht berechtigt, ihn dann als Wirkung einer glücklichen Voraussetzung zu betrachten? Hr. Graham sieht als durch die Erfahrung bewiesen an, dafs die Verbindung zweier Salze zu einem Doppelsalze von keiner Wärme-Entwicklung begleitet sey. Diefs kann ich nicht bestreiten, da mich keine eigene Erfahrung dazu berechtigt. Nun findet aber Dr. Andrews, dafs die Verwandlung eines Neutralsalzes in ein saures Salz ebenfalls von keiner Wärme-Entwicklung begleitet sey. Diefs wäre allerdings eine glän-

zende Bestätigung der Graham'schen Theorie! Er ermangelt daher auch nicht den Versuch zu wiederholen, und findet ihn richtig, was im vollkommenen Widerspruche mit meinen Erfahrungen steht.

147) Graham wirft mir vor den directen Versuch vernachlässigt zu haben, und läfst mich sagen, dafs, wenn man das schwefelsaure Kali mit $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ mischt, zwar eine Wärme-Entwicklung stattfindet, *dafs ich aber zugebe, dafs das Resultat illusorisch seyn könne*, weil nur ein Theil der Säure in ein saures Salz verwandelt werde, während der übrigbleibende Theil durch das in Freiheit gesetzte Wasser verdünnt werde und dadurch eine Wärme-Entwicklung stattfinde. Dazu mufs ich bemerken, dafs ich den eben erwähnten Zweifel nicht so ausgesprochen habe, wovon sich Hr. Graham überzeugen kann, wenn er den 74. Paragraph wieder nachlesen will. Er wird sehen, dafs ich mich beeilte durch einen directen Versuch einem etwanigen Einwurfe des Lesers zu begegnen. Uebrigens bin ich vollkommen überzeugt, dafs diese kleine Ungenauigkeit der Citation durchaus nicht absichtlich ist. Was mir aber wichtiger scheint, ist: dafs ich im §. 75 einen, wenn gleich auch indirecten Versuch anführe, der mich zu einem bestimmten Schlusse veranlafst und dafs Hr. Graham davon keine Notiz genommen hat. Die Art und Weise, wie ich damals operirte, erlaubte mir nicht den directen Versuch zu machen; ich ging also von dem Princip aus, *dafs die Menge der entwickelten Wärme constant sey*. Ich nahm fertiges saures schwefelsaures Kali und zersetzte es durch flüssiges Ammoniak. Wenn das zweite Atom Schwefelsäure bei seiner Verbindung mit dem schwefelsauren Kali keine Wärme entwickelt hätte, so sieht man leicht ein, dafs seine Sättigung mit Ammoniak eben so viel Wärme entwickeln müfste, wie bei der Sättigung von Ammoniak mit freier Säure; traf diefs nicht ein, so mufste der Unterschied das Maafs der Wärme abgeben, welche bei

1) S. Ann. Bd. LII S. 110.

der Bildung des sauren Salzes verausgabt worden war. Die Zahl, welche der Versuch lieferte, war 406. Dieselbe ammoniakalische Flüssigkeit durch ganz verdünnte Schwefelsäure gesättigt, lieferte dieselbe Zahl. Das unmittelbare Resultat des Versuchs war also, dafs die Wärmemenge, welche dabei entwickelt wurde, ganz die nämliche war, man mochte das Ammoniak durch verdünnte Säure oder durch saures schwefelsaures Kali sättigen. Der Schlufs, den ich daraus zog, war nun, dafs die Schwefelsäure ebenfalls dieselbe Menge Wärme vorher verloren hatte, sey es, dafs man sie gänzlich mit Wasser verdünnte oder in das saure Salz verwandelte. Man sieht also, dafs der Versuch einfach war, und der daraus gezogene Schlufs eine nothwendige Folge davon. Das Endresultat konnte also höchstens nur unbedeutend von der Wahrheit abweichen. Die einzige Fehlerquelle lag in dem festen Zustande des sauren Salzes, so dafs das zweite Atom Schwefelsäure flüssig werden mufste, indem es sich in schwefelsaures Ammoniak verwandelte. Dem zufolge mufste eine kleine Menge Wärme verschluckt werden, und die Zahl 406 mufste etwas zu klein seyn, während ihr Complement dadurch zu grofs wurde. Aber in jedem Fall konnte die dadurch veranlafste Abweichung nur unbedeutend seyn, da die Auflösungswärme im Vergleich zu der chemisch entwickelten Wärme auch nur unbedeutend ist.

148) Hr. Graham geht nun zum directen Versuche über, und verwendet dazu das schwefelsaure Ammoniak. Die Wahl ist glücklich, denn die grofse Auflöslichkeit des Salzes erlaubt den Versuch mit Auflösungen zu machen, wodurch er eine gröfsere Einfachheit erlangt. Zu einer concentrirten Auflösung dieses Salzes setzt er verdünnte Schwefelsäure (von 1,25 spec. Gew.) und findet *Erniedrigung* der Temperatur, statt einer Erhöhung. Diese Erniedrigung der Temperatur zu erklären bemerkt der Verfasser, dafs die verdünnte Schwefelsäure eigent-

lich ein Salz mit viel chemisch gebundenem Wasser sey, und dafs, da das neugebildete saure schwefelsaure Ammoniak ein wasserfreies Salz sey, so müsse also das Wasser der Schwefelsäure in Freiheit gesetzt werden und dabei die früher entwickelte Wärme wieder aufnehmen. »Es scheint also, sagt Graham, dafs wenn man unbedeutende Correctionen, die sich auf die specifische Wärme beziehen, vernachlässigt, man als hinreichend bewiesen ansehen kann, dafs die Bildung der doppeltschwefelsauren Salze [1]) von keiner Wärme-Entwicklung begleitet wird, und dafs diese Verbindungen sich durch einfache Vermischung der Elemente bilden. Folglich sind schwefelsaures Kali und Wasser *Aequivalente* in der Constitution dieser Salze, oder *gleichwärmig* (*equicalorours*), wenn es erlaubt ist einen Ausdruck zu schaffen, um diese Relation anzudeuten.«

149) Wie man sieht, schreibt Hr. Graham dem schwefelsauren Kali und dem schwefelsauren Ammoniak gleiche Wirkungen zu, da er in seinen Schlüssen von dem einen zum andern übergeht. Das, glaube ich, ist vollkommen Recht; doch mufs ich dabei fragen, wie Hr. Graham es übersehen konnte, dafs diese Gleichheit der Wirkung beider Salze mit seiner Theorie ganz unverträglich ist? Sind nämlich, wie er früher anführte, folgende zwei Zusammensetzungen analog $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ und $\dot{H}\ddot{S}(K\ddot{S})$, so können folgende zwei es nicht mehr seyn: $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ und $\ddot{S}(Am\ddot{S})$. Nach Graham's Theorie ersetzt das schwefelsaure Alkali nur das salinische Wasser, in diesem Falle aber ersetzt es nicht nur das salinische, sondern auch das basische Wasser. Dieſs allein mufste schon hinreichen, um ihn über die falsche Richtung, die er eingeschlagen hatte, aufzuklären. Durch seine vorgefafste Theorie irre geleitet, begeht er *darin den gröfsten Feh-*

1) Hier gebraucht Hr. Graham den Ausdruck *Doppelsalz* als ganz gleichbedeutend mit saurem Salze.

ler, dafs er seinen Versuch für einen *directen* hält, da er doch in der That genau so indirect ist wie der meinige. Warum handelt es sich denn eigentlich? Zu wissen: ob in der Formel $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ das letzte Atom Wasser durch $(\dot{K}\ddot{S})$ ersetzt werden könne, ohne Wärme-Entwicklung. Der directe Versuch verlangt also, dafs man die Auflösung des schwefelsauren Salzes mit $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ versetze. Wenn in diesem Falle $(\dot{K}\ddot{S})$ und $(\dot{H})$ gleichwärmig sind, so ist es augenscheinlich, dafs der eine von beiden bei seiner Verbindung genau so viel Wärme entwickeln mufs, so viel der andere bei seinem Freiwerden absorbirt. Führt man den Versuch in dieser Weise aus, so bekommt man eine *starke Wärme-Entwicklung.*

150) Wenn wir $\dot{H}\ddot{S}(\dot{K}\ddot{S})=\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ schreiben (indem wir das Gleichheitszeichen nur auf die Wärme beziehen), so ist es augenscheinlich nach dem von Graham selbst angeführtem Grunde, dafs, wenn man zu dem Versuche $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H}^2)$ braucht, man eine Erniedrigung der Temperatur erhalten mufs, und um so mehr noch, wenn man das Ammoniaksalz dazu verbraucht, da es ein wasserfreies Product liefern soll. Der Versuch giebt aber eine *Temperaturerhöhung*, obgleich weniger stark als im vorhergehenden Falle. Es ist einleuchtend, dafs wenn man immer schwächere Säuren anwendet, man in demselben Verhältnifs geringere Wärme-Entwicklung erhalten wird. Zugleich sieht man ein, dafs, sobald man die Säure $\dot{H}\ddot{S}(\dot{H})$ verläfst, der Versuch auch aufhört ein directer zu seyn, indem man die ganze Menge der bei der Verdünnung entwickelten Wärme in Rechnung bringen mufs. Mit einem Worte, man mufs auf *das Princip der Beständigkeit der Summe Rücksicht nehmen.*

Es ist unmöglich anzugeben, was die von Graham beobachtete Temperatur-Erniedrigung eigentlich besagt, indem er die nöthigen Data zur Berechnung seines Ver-

suches nicht mittheilt. Folgendes scheint wenigstens gewifs, dafs das bei der Bildung des sauren schwefelsauren Salzes frei gewordene Wasser eben so viel Wärme verschlucken mufste als es bei seiner Verbindung mit Schwefelsäure entwickelt hätte. Hätte nun Graham, der damit einverstanden ist, den Betrag dieser Wärmeverschluckung berechnet, so hätte er gesehen wie bedeutend sie die von ihm beobachtete Temperatur-Erniedrigung übertroffen hätte; er hätte dann bemerkt, dafs bei seinem Versuche in der That eine Wärme-Entwicklung statt haben mufste, und dafs also das Thermometer uns den *Unterschied* zwischen Wärme-Verschluckung und Wärme-Entwicklung anzeigt. Dieser Unterschied wird bald +, bald — seyn, je nach der Stärke der angewandten Säure, und nur eins bleibt dabei beständig: die *Summe der Wärme.*

151) Folgende Versuche bekräftigen das Gesagte. Es wurden vorläufig Säuren von verschiedener Verdünnung bereitet, $\dot{H}\ddot{S}$; $\dot{H}^3\ddot{S}$; $\dot{H}^6\ddot{S}$; $\dot{H}^{12}\ddot{S}$. Dann wurde versucht wie viel eine jede von ihnen erst mit Wasser, dann mit einer Auflösung von schwefelsaurem Ammoniak Wärme entwickelte. Die Menge Wasser, welche gebraucht wurde, um die Säure $\dot{H}^2\ddot{S}$ zu verdünnen, war 5 Litres. Bei jedem Versuch mit einer schwächeren Säure zog man von den 5 Litres so viel Wasser ab als die Säure davon mehr enthielt als $\dot{H}^2\ddot{S}$. Auf diese Weise behielt die aus dem Versuche hevorgehende Flüssigkeit immer dieselbe Dichtigkeit und dieselbe specifische Wärme, auch immer dieselbe Menge wasserfreier Säure. Bei den Versuchen, wo die Säure mit dem schwefelsauren Ammoniak vermengt wurde, verfuhr ich auf die nämliche Weise; die Menge der Säure war immer dieselbe, und genau hinreichend, um mit dem schwefelsauren Ammoniak ein saures Salz zu bilden. Das verwendete schwefelsaure Salz war wasserfrei $\dot{N}H^4O\ddot{S}$; seine Menge be-

trug in jedem Versuche 203 Grm. Die Wärmecapacität der entstandenen Lösung wurde durch einen directen Versuch bestimmt.

152) Da ich hier nur die Absicht habe von der Constitution der sauren schwefelsauren Salze zu sprechen, so führe ich hier blofs an, dafs in nachfolgender Tabelle die Menge der entwickelten Wärme auf ($\ddot{S}=1$) bezogen ist. Und ich mufs bemerken, dafs ich die weiteren Folgerungen aus diesem Versuche mir zum nächsten Male vorbehalte.

Zusammensetzung der Säure.	Temperaturerhöhung im $\dot{H}$	Temperaturerhöhung in d. Salzauflös. $\dot{A}m\ddot{S}$.	Quantität der entwickelten Wärme in Wasser.	Quantität der entwickelten Wärme in der Salzauflös. $\dot{A}m\ddot{S}$.
$\dot{H}^2\ddot{S}$	5,94	5,31	132,85	117
$\dot{H}^3\ddot{S}$	4,12	3,43	92,18	75,63
$\dot{H}^6\ddot{S}$	2,24	1,36	48,7	30
$\dot{H}^{12}\ddot{S}$	0,88	0	19,6	0

Man sieht in der dritten Columne, dafs, wenn die Auflösung des neutralen Salzes mit der Säure $\dot{H}^2\ddot{S}$ gemengt wird, sich viel Wärme entwickelt, dafs, je schwächer die Säure ist, je mehr die Wärme-Entwicklung abnimmt. Endlich wenn die Säure $\dot{H}^{12}\ddot{S}$ ist, findet keine merkbare Temperaturveränderung statt. Ueber diese Gränze hinaus wird die Veränderung negativ. Man sieht überdiefs, dafs die Säure etwas weniger Wärme mit der Salzauflösung als mit dem Wasser entwickelt. Diese Versuche beweisen also, dafs die Bildung des sauren schwefelsauren Salzes mit Wärme-Entwicklung verbunden ist.

153) Genau derselbe Versuch mit der Säure $\dot{H}^2\ddot{S}$ und einer Auflösung von schwefelsaurem Kali ausgeführt, giebt eine Temperatur Erhöhung von 5,25, und als Summe

der entwickelten Wärme 112,8, also im Ganzen 20 weniger als mit Wasser. Daraus folgt wieder, dafs die bei der Bildung des sauren schwefelsauren Kalis entwickelte Wärme $\dot{K}\dot{S}4\dot{9}0\dot{S}$ ist. (Vide §. 75).

154) Endlich was die Versuche des Hrn. Andrews betrifft, auf die sich Hr. Graham bezieht, so sind sie alle mit vollkommen verdünnten Säuren angestellt; daraus folgt aber, dafs sie alle indirect sind, und dafs, indem Herr Andrews sich an das unmittelbare Resultat des Versuches hielt, er genau denselben Fehler beging, den Graham später wiederholte. Wenn man eine Auflösung von schwefelsaurem Ammoniak oder Kali mit ganz verdünnter Schwefelsäure vermischt, so entsteht, wie aus Graham's und meinen Versuchen folgt, eine Temperaturerniedrigung; diese hat aber Andrews ganz übersehen, woraus man mit Wahrscheinlichkeit folgern kann, dafs seine Versuche nicht hinreichend genau sind.

155) Schon früher habe ich Gelegenheit gehabt, die Bemerkung auszusprechen, dafs man sich bemühen müsse die Versuche so einzurichten, dafs die Correctionen, die man an dem unmittelbaren Resultat des Versuches vorzunehmen habe, möglichst wenig betragen. So bemerkte ich bald bei Anstellung gegenwärtiger Versuche, dafs der Wärmeverlust zu bedeutend war, so dafs wenn der Versuch bei verschiedenen Anfangs-Temperaturen vorgenommen wurde, die Resultate unter sich nicht hinreichend übereinstimmten. Je mehr aber die Masse vermehrt wurde, je beständiger wurden die Resultate. — So fand sich auch, dafs es wesentlich sey, ein sehr empfindliches Thermometer zu gebrauchen; ich verfertigte also eins, was nur einen geringen Theil der thermometrischen Skale umfafste, und woran jeder Theilstrich 0,02 von einem Grade Celsius angab. Das cylindrische Reservoir des Thermometers nahm $\frac{9}{10}$ der ganzen Höhe der Flüssigkeit ein; da die Masse bedeutend war (für das saure schwefelsaure Ammoniak betrug sie 5555 Grm.),

so konnte das Maximum mit Bequemlichkeit beobachtet werden.

156) In den Versuchen des Hrn. Andrews beträgt die ganze Masse nur 30 Grm. Der eingesenkte Theil seines Thermometers entsprach 0,4 Grm. Wasser, was zur Masse sich verhält wie 1 : 75. Der eingetauchte Theil meines Thermometers entsprach 4 Grm. Wasser, was sich zur ganzen Masse verhält wie 1 : 1375. Damit das Thermometer, dessen ich mich bediente, zu der Masse der Flüssigkeit sich eben so verhielte wie in den Versuchen des Herrn Andrews, müfste es 74 Grm. Wasser entsprechen. Nimmt man in einem solchen Thermometer das Gewicht des Glases zum Gewicht des Quecksilbers wie 1 : 10, so hat man, wenn die specifische Wärme des Glases $c=0{,}19$, die des Quecksilbers $c'=0{,}033$ setzt, $74=x(c+10c')$, woraus denn $x=142{,}3$ und das Gewicht des eingetauchten Theils des Thermometers 1565,3 Grm. Rechnet man zu diesem ungeheuren Gewichte noch eine mäfsige Empfindlichkeit, so glaube ich nicht zu viel zu sagen, wenn ich behaupte, dafs das von Andrews gebrauchte Thermometer eine viel gröfsere Masse von Flüssigkeit voraussetzte, um zuverlässige Resultate zu liefern. Die von Hrn. Andrews angebrachten Correctionen betragen ungefähr $\frac{1}{6}$ der ganzen Wärme, obgleich dabei noch die specifischen Wärmen ganz vernachlässigt sind, wodurch eine neue, wenn auch unrichtig vertheilte additive Correction angebracht wird. Nur daraus ist es erklärlich, dafs Hr. Andrews seinen Versuchen selbst so wenig Zutrauen schenkt, dafs er Schlüsse aus ihnen zieht, denen die Versuche durchaus widersprechen. Er glaubt z. B. dafs die entwickelte Wärme von den Basen herrühre, nicht aber von den Säuren; denn es scheint ihm, dafs ein und dieselbe Base mit allen Säuren dieselbe Wärmemenge entwickelt. Um diesen Schlufs dem Leser glaublich zu machen, setzt er vorerst alle Zahlen, welche die Schwefelsäure liefert, bei

Seite, dann nimmt er das Mittel von allen Uebrigen, und zeigt dann, um wie viel die von jeder Säure entwickelte Wärme sich von der Mittelzahl entfernt. Er glaubt, dafs diese Abweichungen noch in den Gränzen der Versuchsfehler liegen. Dessen ungeachtet berechtigt ihn nichts dazu das Mittel aus verschiedenartigen Versuchen zu ziehen, und Hr. Andrews hätte wenigstens bemerken müssen, dafs die Abweichungen bei gewissen Säuren immer +, bei anderen dagegen — waren, und das mit allen Basen, was also auf keinen Fall zufällig seyn konnte. Endlich mufs ich bemerken, dafs am Ende der Abhandlung, welche Hr. Andrews in diesen Annalen eingerückt hat [1]), er sich auf die von mir erhaltenen Resultate bezieht; er berechnet einige seiner Versuche auf die Weise, wie ich die meinigen berechnet habe, und findet, dafs sie auf eine erfreuliche Weise übereinstimmen. Nun zeigen aber meine Versuche, die er selbst anführt, auf das Bestimmteste, dafs ein und dieselbe Base mit verschiedenen Säuren *verschiedene* Wärmemengen entwikkelt. Man kann daher mit Recht erstaunen, dafs der Anblick der so berechneten Versuche bei Hrn. Andrews keine Zweifel über die von ihm gezogenen Schlüsse erweckte.

157) Zum Schlufs brauche ich nur zu erwähnen, dafs Andrews zweites Gesetz über die Bildung der sauren Salze falsch ist, wie ich es oben bewiesen zu haben glaube.

VI. *Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung der Wellen; von Hrn. Aimé.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III T. V p.* 417.)

Die Bewegung der Wassertheilchen in einem aufgeregten Meere ist bisher noch von Niemand experimentell be-

1) Bd. LIV S. 208.

stimmt worden. Verschiedene Physiker haben freilich über diesen Gegenstand mehr oder weniger verführerische Theorien aufgestellt; allein sie alle fehlten in einem Hauptpunkt: unterliefsen die Versuche. Die Kenntnifs dieser Erscheinung ist indefs von wahrem Interesse für Baumeister, welche Hafendämme oder andere Wasserbauten am Meere unternehmen wollen, und darum ist zu bewundern, dafs sie so wenig ausgebildet ist. Wahrscheinlich sind Diejenigen, welche sich an die Lösung des Problems machten, durch die physischen Schwierigkeiten desselben darin gehemmt worden.

Selbst ich würde diese Arbeit weder angefangen noch durchgeführt haben, wenn mich nicht Hr. Ober-Ingenieur Poirel, der mit der Erbaunng des Molo zu Algier beauftragt ist, mit seinem Rath und mit allen zu den Versuchen erforderlichen Materialien unterstützt hätte.

Ich habe zum Anfang die Aufgabe nicht in ihrer ganzen Allgemeinheit zu studiren gesucht, sondern damit begonnen, verschiedene besondere Fälle zu untersuchen. Diese Abhandlung enthält nur die Gesammtheit meiner Versuche über die Tiefe, in welcher die Wellenbewegung auf der Rhede von Algier aufhört sichtbar zu seyn, und über die Natur dieser Bewegung am Boden des Meeres.

Gewisse Personen haben geglaubt, dafs die Tiefe, in welcher die Wellenbewegung unmerklich wird, nur eine geringe sey. Bélidor setzte sie auf 20 Fufs; Bayle glaubt sogar, dafs unter 7 bis 8 Fufs keine Bewegung mehr stattfinde. Die Ingenieure von Cherbourg schlossen aus der Anordnung, welche die Steine des Deiches annehmen, dafs bei 14 Fufs unter dem Ebbestand die Bewegung des Meers eine sehr geringe sey.

Andere Personen waren abweichender Meinung. So behauptet der Oberst Emy in einem *Mémoire sur les travaux hydrauliques maritimes*, dafs die Aufregung sich in gewissen Gegenden bis zu einer Tiefe von 500 Fufs

erstrecke. Bremontier in seinen *Recherches sur les mouvement des ondes* sagt, die Bewegung pflanze sich bis in bedeutende Tiefe fort, ohne die Gränze anzugeben [1]).

Inmitten so entgegengesetzter Meinungen war es schwierig ein Urtheil zu fassen: man mufste nothwendig zu directen Versuchen greifen, um die Frage zu entscheiden.

Meine Versuche begannen im December 1838 und dauerten bis Ende 1839. Sie wurden vorzugsweise angestellt, wenn Nord- und Nordostwinde bliesen, welche eine Neer (*houle*) auf der Rhede von Algier hervorbrachten.

Allemal, wenns möglich war, wurde die Höhe der Wellen nach dem von der Academie der Wissenschaften angegebenen Verfahren bestimmt, d. h. in einem Boote, welches sich in einem Wellenthal (*creux*) zwischen zwei Wellenbergen (*lames*) befand, wurde gemessen, bis zu welcher Höhe der Beobachter sich erheben mufste, um den Horizont zu sehen.

Die erste Maschine wurde auf einen Sandgrund hinabgelassen, welcher elf Meter unter dem Meeresspiegel lag. Sie blieb daselbst zwanzig Tage lang. Das Meer war mehrmals unruhig, und die Wellen hatten an dem Ort, wo der Apparat, Fig. 15 Taf. III, aufgestellt war, eine Höhe bald von einem, bald von zwei Meter.

AB ist eine Holzscheibe, belastet mit Eisenstäben, und überzogen mit einer Bleiplatte. Die Kugel *C*, die durch ein Seil von 6 Met. Länge an der Scheibe befestigt ist, wiegt 12 Kilogrm. Der Durchmesser der Scheibe beträgt 60 Centimeter. Der hölzerne Kreisel (*toupie*) *D* ist mit drei Eisenspitzen besetzt und hat 25 Centimeter

1) Die Herausgeber der *Annales* verweisen auf einen Aufsatz von Hrn. Siau, den Hr. Aimé bei Absendung seines Manuskripts vermuthlich noch nicht gekannt hätte. — Wir haben denselben auf gegenwärtigen folgen lassen. *P.*

Höhe. Er ist an der Mitte der Bleiplatte durch eine kleine Schnur befestigt.

Eine zweite Scheibe *G* dient als Schwimmer, und wird von drei parallelen Schnüren, jede von $1\frac{1}{2}$ Meter Länge, zurückgehalten. Diese Scheibe *G* steht durch ein Seil von 14 Meter Länge mit einem Signal *P* in Verbindung.

Die Figur *K* stellt die Bleischeibe vor, wie sie nach dem Heraufziehen war. Die beiden Kreisbogen *a*, *b* bestehen aus einer sehr grofsen Menge kleiner Löcher, erzeugt durch die Stöfse des Kreisels.

Dieser Versuch zeigt, dafs die Wellenbewegung noch in 11 Met. Tiefe merklich ist, und die Symmetrie der Löcher beweist zugleich, dafs dieselben durch eine oscillatorische Bewegung müssen erzeugt worden seyn.

Nach der Einrichtung des Apparats hätte man fürchten können, dafs der obere Schwimmer, mit Gewalt von den Wellen getroffen, die Maschine stofsweise fortgerissen und somit die Oscillationen des Kreisels veranlafst hätte; allein die Schwierigkeit, mit welcher sich der Apparat vom Meeresgrund abheben liefs, und, was noch merkwürdiger ist, der Sand, welcher mit solcher Gewalt unter die Bleiplatte gespült worden, dafs er diese aufgetrieben hatte, scheinen die Richtigkeit der eben gezogenen Folgerungen zu bestätigen.

Hierauf liefs man den, wie Fig. 16 Taf. III, abgeänderten Apparat in eine Tiefe von 18 Met. hinab. Ein Eisenring *B* war an der Mitte der schwimmenden Scheibe angebracht, so dafs ein Seil *AA* daran befestigt werden konnte, alleinig deshalb, um die Maschine bis zum Grunde des Meeres hinablassen zu können. So wie sie dort angelangt war, zog man das Seil an einem Ende heraus und liefs das andere los, so dafs der Schwimmer *P* nur noch mit der Kugel *C* in directer Verbindung stand. Bei dieser Einrichtung konnte der Schwimmer *P* höchstens die Kugel *C* heben, und da die Schnur, welche diese mit

der Bleischeibe verknüpfte, hinreichend lang war, so stand von den Oscillationen des Schwimmers P nichts mehr zu fürchten, da derselbe nur eine senkrechte Wirkung auf das Seil ausüben konnte.

Vierzehn Tage nach dem Hinablassen wurde die Maschine wieder heraufgezogen. Das Meer war mehrmals unruhig gewesen, und die gröfste Höhe der Wellen hatte 2 bis 3 Meter betragen. Man erkannte die Spuren der heftigsten Aufregung. Der Kreisel war abgerissen. Stiele von Meerpflanzen, Zasern von altem Tauwerk schlangen sich um die drei Seile, welche die Holzscheibe hielten. An mehren Stellen war die Bleiplatte zerschnitten, in Folge der vielen Stöfse, welche sie durch die Eisenspitzen des Kreisels erhalten hatte. Endlich fand man unter der Bleiplatte ein halbes Kilogramm Sand, dessen Körner einen Durchmesser von 1 bis 2 Millimeter hatten. Der Apparat war, wie im ersten Fall, in den Sand eingegraben, denn man fand ziemliche Schwierigkeit, ihn vom Grunde abzulösen.

Aus der Beschaffenheit und Stärke der beobachteten Wirkung stand zu hoffen, dafs man sie in noch gröfserer Tiefe würde nachweisen können. Zu dem Ende construirte man eine zweite Maschine nach einem etwas anderen Plane als bei der ersten befolgt worden war. Sie wurde 28 Meter tief hinabgelassen auf einen fast horizontalen Sandgrund.

Die Maschine (Fig. 17 Taf. III) bestand aus einem tannenen Kasten CAB von parallelepipedischer Form mit quadratischer Basis, und gefüllt mit Kieselsteinen. Seine Höhe betrug 2,5 Decimeter, die Länge einer Seite seiner Basis 8 Decimeter, und sein Gewicht mit den Steinen fast 130 Kilogrm. Der erste Schwimmer war eine quadratische Holztafel und an dem Kasten durch vier Stricke von $1\frac{1}{2}$ Meter Länge befestigt.

Nach vierzehntägiger Untertauchung, während die Wellen eine Höhe von zwei Meter gehabt, zog man die

Maschine herauf, und fand die Wirkungen fast den früheren ähnlich. Das Bleiblatt zeigte tiefe und symmetrische Eindrücke in Bezug auf die Mitte des Befestigungspunkts der Schnur des Kreisels. Unter dem Bleiblatt war noch Sand, aber in geringerer Menge als bei den früheren Versuchen.

Das Wasser der Rhede war in Folge von Regen und der heftigen Bewegung der Wellen schlammig; und beim Heraufziehen der Maschine merkte man an der Schwierigkeit, mit welcher sich das Seil handhaben liefs, dafs sich auf dessen ganze Länge, mit Ausnahme der letzten drei oder vier Meter an dem der Maschine zulaufenden Ende hin, Schlamm abgesetzt hatte. Diese Thatsache scheint mir zu beweisen, dafs sich die Wellenbewegung bis in 20 und einige Meter Tiefe erstreckte. In der That ist es wahrscheinlich, dafs das Wasser in der dem Grunde zunächst liegenden Schicht von 3 bis 4 Meter schlammig war, wie die darüber liegende Schicht. Ueberdiefs ist klar, dafs der mit Schlamm bedeckte Theil des Taues in Ruhe blieb gegen die umgebende Flüssigkeit, während der, welcher entblöfst davon gefunden ward, gegen die Wasserschicht, in welcher er sich befand, in Bewegung seyn mufste. Eins von beiden mufste der Fall seyn: entweder ward die untere Schicht in Bewegung gesetzt, dann wäre der Satz festgestellt; oder die untere Schicht blieb in Ruhe und der untere Theil des Seils wurde bewegt. In diesem Fall könnte diese Bewegung nur herrühren von einer durch den Schwimmer und die oberen Wasserschichten mitgetheilten Bewegung in seiner ganzen Länge. Da nun aber, wie gesagt, der mit Schlamm bedeckte Theil des Seils in Bezug auf die Flüssigkeit in Ruhe seyn mufste, so folgt nothwendig, dafs das Seil und die Flüssigkeit eine gemeinschaftliche Bewegung hatten, welche die Erschütterung des unteren Theils des Stricks bewirkte.

Der Zweck dieser Untersuchungen war nicht blofs

zu wissen, bis zu welcher Tiefe die Bewegung merklich sey, sondern auch wo möglich zugleich zu bestimmen, welchen Wellenhöhen diese Gränze entspräche. Zu dem Ende wurden gleichzeitig zwei Maschinen in's Meer versenkt, die eine 28 Meter, die andere 18 Meter tief. Nach einer ziemlich geringen Wellenbewegung, bei welcher die Wellen nicht über zwei Drittel-Meter hoch gingen, untersuchte man sie. Die erste zeigte keine Spur von Bewegung; die zweite dagegen bot zwei kleine Kreisbogen, jeden von etwa 20 Grad, dar, die in Bezug auf die Mitte der Scheibe symmetrisch lagen, und solchen Abstand von dieser Mitte hatten, als es die Schnur des Kreisels erlaubte.

Die beiden Maschinen wurden wiederum an denselben Orten in's Meer hinabgelassen, und blieben daselbst etwa zwanzig Tage lang. Während dieser Zeit war das Meer mehrmals unruhig, und die Wellen bald ein, bald zwei Meter hoch. Nach einem früheren Versuch durfte man Spuren einer starken Aufregung erwarten, und wirklich war dem so. Die 18 Met. tief versenkte Maschine war mit Kraut, Werg und Holzstücken bedeckt, die an den vier Stricken des unteren Schwimmers so fest hafteten, dafs man diese durchschneiden mufste, um die Maschine reinigen zu können. Ein Stück Gurt war so fest aufgerollt und verknotet, dafs es schwer zu begreifen stand, wie die blofse Bewegnng des Meeres solches hatte bewirken können. Die Maschine leistete beim Heraufziehen grofsen Widerstand, da sie zum Theil eingesandet war. Der Kreisel, gehindert in seinen Bewegungen durch die an ihn sich ansetzenden Substanzen, hatte nicht ganz die erwartete Wirkung gethan. Unter dem Bleiblatt fand sich ein halbes Kilogramm ziemlich grobkörnigen Sandes.

Die in 28 Met. Tiefe gewesene Maschine bot einen anderen Anblick dar. Kein fremdartiger Körper hatte den Kreisel behindert, er hatte frei oscilliren können. Die auf

der Bleiplatte eingedrückten Marken waren zahlreich und tief. Sie lagen auf mehren Kreisbogen, entsprechend den verschiedenen Zuständen des Meers und der Richtung der Wellen.

Wie streng auch die Folgerungen aus vorstehenden Versuchen seyn mochten, so war doch wünschenswerth, sie durch einen Apparat zu prüfen, der keine Gemeinschaft durch ein Seil mit dem oberen Schwimmer hatte.

Demgemäfs construirte ich die Maschine Fig. 18 Taf. III. Ein Kasten, ein Parallelepipedon mit quadratischer Base bildend und gefüllt mit zerklopften Steinen, hängt mittelst vier von seinen Ecken auslaufenden Schnüren an einem eisernen Anker (*grappin*) mit vier gekrümmten Armen. Dieser Anker ist befestigt an einem Holzklotz *A*, der, wenn der Apparat sich unter dem Wasser, befindet, den Anker zu heben und die Stricke anzuziehen vermag.

Diese Maschine wurde in eine Tiefe von 18 Meter hinabgelassen an einem Ort, der durch wohl angebundene schwimmende Signale bezeichnet war.

Einige Tage hernach, da das Meer sehr aufgeregt war, wurde der Klotz, der den Anker trug, losgerissen und an's Ufer geworfen, wo man ihn fand. Defsungeachtet versuchte man die Maschine herauszufischen; allein nach mehrstündiger unnützer Arbeit gab man es auf.

Das Resultat dieses Versuchs, obwohl ganz der Erwartung zuwider, ist dennoch entscheidend. Indessen glaubten wir doch die Operationsweise abändern zu müssen, befürchtend, bei grofsen Tiefen weder Schwimmer noch Maschine wiederfinden zu können.

Der Apparat, durch den man zuletzt alle übrigen ersetzte, ist in Fig. 19 Taf. III abgebildet. Ein Kasten von der Gestalt eines Parallelepipedums mit quadratischer Basis ist gefüllt mit zerstofsenen Steinen. Seine Basis hat 1 Meter Länge, seine Höhe ist 2,5 Decimeter. An den vier Ecken des Kastens sind vier dicke Eisenstan-

gen befestigt, die sich nach aufsen krümmen und, jede, in einem Ringe endigen. Durch diese Ringe gehen vier Stricke, die einerseits an dem Schwimmer *G* befestigt sind, andererseits in vier Kugeln *B*, *B*, *B*, *B*, jede von 18 Kilogrm., auslaufen. Der Kreisel *M* ist am Schwimmer *G* befestigt mittelst einer Schnur, in deren Mitte sich ein kleiner Schwimmer *N* von Kork befindet. Diese Schnur hat eine solche Länge, dafs sie nur gespannt seyn kann, wenn der Schwimmer *G* die Kugeln bis an die Ringe *A* gehoben hat. Aus dieser Einrichtung ist klar, dafs der Kreisel nur oscilliren kann, wenn der Kasten *CDE* auf den Meeresgrund stöfst; denn so wie er ihn verläfst, werden die vier Stricke *GA*, so wie die Schnur *NN* durch den oberen Schwimmer straf gezogen. Das gesammte Gewicht der Maschine beträgt ungefähr 200 Kilogrm. Sie wurde in eine Tiefe von 40 Meter hinabgelassen, und da das Seil, welches die beiden Schwimmer vereinigte, ein bedeutendes Gewicht hatte, so hatte man längs dieses Seiles in gleichen Abständen noch drei andere kleine Schwimmer angebracht.

Man liefs den Apparat einen Monat im Meer. Während dieser Zeit herrschte mehrmals starker Wind und grofse Aufregung des Meers. Man schätzte die Höhe der Wellen am Orte der Maschine, etwa ein Kilometer von der Küste, auf drei Meter. Defsungeachtet erhielt man nur sehr schwache Eindrücke, allein in hinreichender Anzahl, um zu beweisen, dafs eine kleine Bewegung stattgefunden. Unter dem Bleiblattfand sich äufserst feinkörniger Sand.

Ich glaubte die Gränze erreicht zu haben, wo auf der Rhede die Wellenbewegung noch merklich ist, und liefs demnach die Maschine an demselben Ort wieder hinab. Vierzehn Tage hernach untersuchte ich sie wieder. Das Meer schien eben so bewegt gewesen zu seyn wie vorhin, und ich erwartete demnach Narben auf der Platte zu finden. Dem war aber nicht so. Das Bleiblatt war

war unverletzt. Ich brachte die Maschine wiederum an ihren Ort und untersuchte sie abermals nach 20 Tagen; allein mit gleicher Erfolglosigkeit. Bei diesem Versuch hatte man die Schnur, welche den Scheitel des Kreisels mit dem ersten Schwimmer verband, durchgeschnitten, in der Furcht, sie möge die Bewegung dieses hindern.

Aus der Gesammtheit dieser Versuche folgt, dafs die Gränze der Wellenbewegung auf der Rhede von Algier in 40 Meter Tiefe liegt; doch wird sie wahrscheinlich bei Stürmen, wie sie im Winter an den Küsten der Algierei häufig sind, überschritten. Wenn mehre Tage Nordwind weht, so langen Wellen an, die den Zwischenraum von Frankreich und Afrika ohne Widerstand durchlaufen haben. Unterhalb der Wellen von gewöhnlicher Dimension giebt es andere, welche das Auge vermöge ihrer ungeheuren Breite schwer unterscheiden kann. Es giebt welche, deren Breite 100 bis 200 Meter beträgt. Diese Wellen machen den mittleren Wasserstand im Hafen von Algier abwechselnd steigen und fallen. Die Dauer der Oscillationen geht von 1 bis 3 Minuten und die Veränderung des Wasserstandes von 5 bis 10 Decimeter. Die Schiffe sind bei diesem abwechselnden Steigen und Fallen des Wassers im Hafen der Gefahr ausgesetzt, nicht blofs an einander, sondern auch auf den Grund zu stofsen.

Aus vorstehenden Versuchen folgt, dafs die Bewegung des Meeres eine oscillatorische ist, da die beobachteten Narben auf der Bleiplatte immer symmetrisch lagen gegen die Mitte dieser. Ich lege grofse Wichtigkeit auf meine Beobachtung; denn die Physiker haben angenommen, dafs die Wassertheilchen bei der Wellenbewegung keine horizontale Verschiebung erleiden, und diese Meinung wurde bisher als richtig angesehen [1])

1) Nicht alle Physiker theilen diese Meinung. E. H. und W. Weber haben in ihrem vortrefflichen Werke: „*Die Wellenlehre auf Experimente gegründet*“ (Leipzig 1825), das aber Hrn. Aimé,

Ich halte es für nützlich hier wörtlich die charakteristischen Aussprüche derjenigen Verfasser anzuführen, die diesen Gegenstand behandelt haben.

De la Coudraye, in seiner *Théorie des Ondes*, sagt, dafs die Theilchen der Wellen sich nur heben und senken in fast verticaler Richtung.

Bremontier drückt sich noch entschiedener aus, indem er sagt, »dafs in einem sehr tiefen Meere, wo die Wellen ohne Hindernifs ihrer natürlichen Bewegung folgen können, ein Pfropfen, ein Wachskügelchen, ein Stück Holz oder jeder andere auf den Wellen schwimmende Körper nur eine Bewegung von oben nach unten oder von unten nach oben hat; und wenn er sich für einen Augenblick von der Verticale entfernt, er immer zu seiner früheren Lage zurückkehrt. Diese geringe Abweichung ist Wirkung der Schwere auf den zum Wasser herausragenden Theil des schwimmenden Körpers, welcher herabzusinken sucht und wirklich, dem Gravitationsgesetz gemäfs, herabsinkt. Wenn man einen Körper von nur wenig gröfserem specifischem Gewicht als das des Wassers auf das Meer wirft, so sinkt er desto langsamer hinab, als der Unterschied zwischen diesen beiden specifischen Gewichten geringer ist, aber immer senkrecht.« Aus diesen Thatsachen schliefst Bremontier, dafs alle eine Welle zusammensetzenden Theilchen, die gegen ein-

so wie überhaupt dessen Landsleuten, nicht bekannt zu seyn scheint, die Bahn der Wassertheilchen bei der Wellenbewegung genau bestimmt, und auch durch anderweitige sehr sorgfältige Versuche im Kleinen gefunden, dafs die schwingende Bewegung der Flüssigkeitstheilchen selbst noch in einer Tiefe, welche der 350maligen Wellenhöhe gleich kommt, durch Vergröfserungsgläser und selbst noch mit bloßem Auge wahrnehmbar ist. — Selbst in dem neueren Werke eines französischen Hydrotechnikers, des Obersten Emy: „*Sur le mouvement des Ondes etc.*“ (dessen Uebertragung in's Deutsche wir Hrn. Prof. Wiesenfeld in Prag verdanken), ist die Bewegung der Wassertheilchen in den Wellen keineswegs als eine blofs auf- und abgehende bezeichnet. *P.*

ander im vollkommenen Gleichgewicht sind, ebenfalls vertical und absolut im Wasser sich heben und senken, ohne die mindeste Störung gegen diese Fläche noch gegen die Verticale zu erleiden.

Bremontier's Folgerungen sind falsch, wie man weiterhin sehen wird, und die von ihm erwähnten Versuche unausführbar. In der That ist es unmöglich, dafs ein Beobachter sich weit aufs unruhige Meer begeben, und daselbst in Ruhe verweilen könne, um zu sehen, ob ein kleiner sphärischer Körper dort, je nach seiner Dichtigkeit, oscillire oder vertical herabsinke. Selbst wenn der Beobachter auf unruhigem Meer einen festen Standpunkt hätte, würde er nicht erkennen, ob eine Bleikugel senkrecht in's Wasser hinabsinke; denn die Wirkung der durch die Wellenbewegung erzeugten Refraction ist solchergestalt, dafs ein ruhig im Wasser befindlicher Körper sich zu bewegen scheint.

Um einen entscheidenden Versuch anzustellen, müfste man, nachdem ein fester Standpunkt über dem Meere gefunden worden, von einem und demselben Punkt eine gewisse Anzahl kleiner Kugeln von gröfserer Dichte als das Wasser hinabsinken lassen, und untersuchen, in welcher Anordnung sie auf den Grund des Meeres anlangen. Wenn die Bewegung der Wassertheilchen blofs senkrecht ist, wie es Bremontier glaubt, so müssen die Kugeln in der Verticale des Ausgangspunktes den Boden erreichen, wogegen, wenn diese Bewegung zugleich horizontal und vertical ist, sie sich ringsum die Verticale ordnen und mehr oder weniger von derselben abweichen müssen, je nach der Stärke der horizontalen Kräfte.

Unglücklicherweise ist es aber eben so schwierig zu untersuchen, was auf dem Meeresgrund vorgeht, als einen festen Standpunkt über der Meeresfläche zu finden. Mithin kann der angedeutete Versuch nicht angestellt werden. Anders ist es mit dem umgekehrten Versuch, wel-

cher ziemlich einfach ist, und zu eben so entschiedenen Resultaten als der erste führt. In der That stellt man auf den Meeresboden ein Gefäfs, welches kleine Körper von geringerer Dichte als die des Wassers nach und nach entweichen läfst, so ist klar, dafs ein Beobachter in einem Boot wird beurtheilen können, in welcher Ordnung dieselben zur Oberfläche gelangen; mithin wird er auch entscheiden können, ob eine horizontale Schwingung stattfand oder nicht.

So bin ich verfahren, um die Folgerungen, zu denen ich mittelst der Kreisel-Maschine gelangte, zu prüfen.

Fig. 20 Taf. III zeigt den Luftblasen-Apparat, welchen ich anwandte. *AB* ist ein quadratisches Brett, 5 Decimeter in Seite, belastet mit dicken Eisenstäben *CC*. Ein Kegel *G* von Weifsblech, oben mit einer Oeffnung *K*, ist mit seiner Grundfläche auf dem Brett befestigt. *DA* eine rechtwinklich gekrümmte Eisenstange, mit einem Ende an dem Brett befestigt, an dem andern Ende in einem Ringe *D* endigend, welcher das zum Hinablassen der Maschine dienende Seil aufnimmt.

Der Kegel enthält Luft, die Blasen bilden soll, deren Gröfse man abändert, indem man die Oeffnung durch Pfropfen mit Löchern von verschiedener Weite verschliefst. Der Apparat wiegt 13 Kilogramm.

Beim ersten Versuch wurde er am Eingang des Hafens 7 Meter tief versenkt. Das Wasser war so klar, dafs man den Grund sehen konnte.

Es erwiefs sich, dafs die Wassertheilchen eine horizontale Schwingungsbewegung hatten; denn die Luftblasen stiegen in einer auf der Welle senkrechten Ebene in einer Schlangenlinie auf. Ein ausgespanntes Seil, das an einem Ende befestigt ist und am andern hin und her bewegt wird, stellt diese Curve ziemlich gut dar. Die Bewegung des Meeres war sehr schwach, und daher ging die Schwingungsweite nicht über zwei Decimeter.

Man brachte den Apparat an einen Ort des Meeres,

wo die Tiefe drei Meter und die Wellenhöhe zwei Drittel-Meter betrug. Die Schwingungsweite schien nicht bedeutender wie zuvor.

Die Anwendung dieser Maschine, die, wie man sieht, einigen Unbequemlichkeiten ausgesetzt ist, erfordert einige Erläuterungen.

Wenn man bei grofser Tiefe experimentirt, wird die Luft im Blechgefäfs zusammengedrückt, und also auf ein kleines Volum zurückgeführt. Jede Blase erleidet beim Aufsteigen einen fortwährend abnehmenden Druck; sie schwillt daher auf und zertheilt sich in mehre, ehe sie zur Oberfläche gelangt. Inmitten dieser Gruppe von Blasen ist es schwierig die Schwingung zu unterscheiden.

Der Apparat ist also nur bei geringen Tiefen anwendbar. Ueber 10 Meter hinaus giebt er im Allgemeinen keine guten Resultate.

Man mufs auch ein stürmisches Meer vermeiden; denn die Unregelmäfsigkeit der Wellenbewegung schadet sehr dem Urtheil über die relativen Lagen der Blasen. Die günstigste Zeit ist die, wo nach einer vom Winde erregten starken Bewegung die Luft wieder ruhig wird. Das Meer behält dann noch Stunden lang seine Bewegung, ein System von sehr grofsen und glatten Wellen bildend, auf welchem die Lenkung eines Bootes keine Schwierigkeit hat.

Ersetzt man die Luft durch gefärbtes Oel, so vermeidet man die eben bezeichneten Uebelstände, denn die Blasen ändern ihr Volum nun nicht mehr mit dem Druck, und da sie in Dichte wenig vom Wasser verschieden sind, so kann das Auge sie leicht während ihres Aufsteigens verfolgen.

Wendet man Oel an, so mufs man den Apparat ein wenig abändern. Das konische Gefäfs mufs mit zwei Oeffnungen versehen seyn, eine zum Austritt des Oels, die andere zum Eintritt des Wassers.

Mit dieser Abänderung prüfte ich ihn bei 10 Meter

Tiefe und bei 1,5 Meter Wellenhöhe. Da die Klarheit des Wassers erlaubte die Oelblasen in einer gewissen Tiefe wahrzunehmen, und sie bis zu ihrer Ankunft auf der Meeresfläche zu verfolgen, so konnte man eine oder zwei Biegungen der von ihnen durchlaufenen Schlangenlinie unterscheiden. Eine Messung zeigte, dafs die gröfste Ablenkung der Blasen nahe ein Meter betrug.

Zur richtigen Bestimmung der Gröfse dieser Ablenkung mufs man sich gegen die die Resultate störenden Strömungen in Acht nehmen, und untersuchen, in welcher Richtung sie gehen, damit man die nöthigen Berichtigungen an den Messungen anbringen könne.

An demselben Tage wurde der Apparat, ziemlich entfernt von der Küste, in eine Tiefe von 14 Meter versenkt. Die Wellen hatten fast dieselben Dimensionen wie beim früheren Versuch. Die Schwingungsweite war indefs gering; sie wurde auf 7 bis 8 Decimet. geschätzt.

Die eben beschriebenen Versuche beweisen klärlich, dafs die Wassertheilchen in einem unruhigen Meer eine horizontale Schwingungsbewegung haben; allein sie zeigen nicht, ob die Schwingung vom Meeresboden an bis zur Oberfläche statthabe, auch nicht, wie die Schwingungsweite sich ändert mit der Tiefe. Auf diesen Gegenstand werden wir in einer anderen Abhandlung zurückkommen.

VII. *Ueber die Wirkung der Wellen in grofsen Tiefen; von Hrn. Siau.*

(*Ann. de chim. et de phys S. III T II p.* 118.)

Die nachstehenden Beobachtungen sind auf einen Meeresgrund von Madreporensand, weifsem und basaltischem schwarzem Sand angestellt, und zwar auf Veranlassung

eines Projects zu einer Hafen-Anlage in *St. Gilles*, wo in der längs der Küste hinziehenden Korallenbank eine natürliche Durchfahrt ist.

Bei etwas ruhigem Meer kann man den kiesigen Sandgrund der Durchfahrt sehen, und man erblickt darin parallele wellenartige Unebenheiten (*ondulations*), deren Querschnitt wächst wie der Zustand des Meeres, der sie erzeugt hat. Den Abstand zweier benachbarter Vertiefungen und Erhabenheiten haben wir zu 30 bis 50 Centimeter ermittelt, und die Tiefe der ersteren unter den letzteren zu 10 bis 15 Centimeter.

In den Vertiefungen liegen die schwereren Substanzen, wie grober Sand, Grand und kleine Kiesel; auf den Erhabenheiten sieht man dagegen den feinsten Sand.

Wenn die wellenartigen Unebenheiten aus Substanzen von gleicher Gröfse aber ungleichem specifischem Gewicht bestehen, z. B. aus basaltischem und kalkigem Sand, so liegen die schwereren in den Vertiefungen, die leichteren auf den Gipfeln.

Diese Unebenheiten sind eine Wirkung der Wellen, und erklären sich leicht. Wenn das Wasser klar ist und man kann den Grund sehen, so hat jenes wenig Wirkung auf diesen; ist aber das Wasser aufgeregt, so werden alle Substanzen durch dasselbe in Bewegung gesetzt. So wie eine Welle abnimmt, wird ihre Wirkung schwächer, und es tritt ein Zeitpunkt ein, wo sie nicht mehr die schweren Substanzen bewegen kann. Alsdann findet eine Auslese, eine Art Scheidung statt. Die leichten Substanzen, die sich ausgeschieden, werden, wie früher, von den Wellen bewegt, aus den Vertiefungen auf die Erhabenheiten geführt, und die schwereren Substanzen bleiben liegen.

Wenn man sich in der Durchfahrt dem Eingang nähert, so bemerkt man, dafs die Unebenheiten immer ihren Parallelismus behalten, ihr Querschnitt aber immer mehr abnimmt. Dasselbe zeigt sich draufsen: die Unebenhei-

ten sind parallel unter einander und auch fast denen der Durchfahrt. Auch hier unterscheidet man Zonen von abwechselnd schwereren und leichteren Substanzen, bei glattem Meere noch in 20 Meter Tiefe.

Begiebt man sich noch weiter in's offene Meer und peilt, mit der Vorsicht, das Senkblei unten wohl einzutalgen, so sieht man, nach Heraufziehen dieses Bleis, die eben besprochenen Zonen in dem Talg abgedrückt. Zuweilen zieht man eine gleichförmige Zone von schweren Substanzen herauf, und dann hat der Talg eine convexe Gestalt; zuweilen bekommt man aber nur leichte Substanzen, und dann ist der Talg concav geformt. Bei grofsen Tiefen endlich kann man zugleich zwei kleine Zonen von Substanzen von verschiedener Dichtigkeit heraufziehen, und alsdann erkennt man, dafs die schwereren eine Hervorragung und die leichteren eine Vertiefung im Talg bekleiden.

Diese Thatsachen haben uns zu der Einsicht geführt, dafs, in diesen Gegenden, die Bewegung des Meeres sich in eine Tiefe erstreckt, weit gröfser als die, welche von andern Beobachtern auf eine weniger genaue Weise ermittelt wurde.

Wir bedauern, dafs Mittel und Zeit uns nicht erlaubten, die Untersuchungen so weit fortzusetzen als wir wohl gewünscht hätten, da der Meeresgrund, wo wir operirten, sich oft durch Gemenge aus Substanzen von verschiedener Dichtigkeit und sehr verschiedener Farbe zu derartigen Beobachtungen eignet.

Die gröfste unserer Peilungen, deren Richtigkeit verbürgt werden kann, wurde im Nordwesten der Rhede von St. Paul ausgeführt, auf einem Grund von basaltischem Sand und Kies, wo sich das Daseyn der Zonen mit gröfster Deutlichkeit nachweisen liefs. Sie erreichte eine Tiefe von *hundert acht und achtzig Meter* (578 Fufs) [1]).

1) Hr. E. de Beaumont macht hiezu die Bemerkung, dafs das von

Wir haben Peilungen bis zu noch gröfseren Tiefen gemacht, führen sie indefs nicht an, weil sie nicht wiederholt wurden, obwohl uns höchst wahrscheinlich ist, dafs sie analoge Resultate geben.

VIII. *Ueber die Borsäure der Suffioni von Toscana; von Hrn. Payen.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III T. V p.* 247.)

Die Gegend, wo in Toscana die Borsäure gewonnen wird, ist höchst interessant. Der Boden daselbst ist im Allgemeinen abschüssig, unaufhörlich aufgelockert durch Ströme von Gasen und Dämpfen, die mitten aus kleinen Pfützen flüssige Kegel aufwerfen und sich darauf in weifs-

Hrn. S. gefundene Resultat an Interesse gewinne, wenn man die Tiefe, bis zu welcher sich die Wellenbewegung erstreckt, vergleiche mit derjenigen, wo man im Meere noch Thiere findet, die am Boden festgewachsen sind, und folglich abwarten müssen, dafs ihnen Nahrungsmittel vorübergeführt werden. Es scheine, dafs beide Tiefen einander nahe kommen, und nicht viel 200 Meter übersteigen.

Zur Stütze dieser Ansicht führt er eine Tafel von Broderip an, die De la Bèche in seinen *Researches in theoretical Geology* mittheilt, und aus welcher hervorgeht, dafs unter allen festsitzenden Muscheln die Terebrateln die gröfsten Tiefen ertragen, welche indefs nicht über 90 Fathoms oder 165 Meter hinausgeht.

Ferner bemerkt derselbe, dafs nach den Untersuchungen von Quoy und Gaymard, von Ehrenberg und von Darwin die angewachsenen Polypen nur in geringen Tiefen leben, dennoch aber Korallen an den Küsten der Algierei in sehr beträchtlichen Tiefen angetroffen würden. Milne Edwards selbst fischte bei Bona Korallen aus einer Tiefe von 100 Brasses oder 162 Meter; man hat sie zuweilen 120 Brasses oder 195 Meter tief angetroffen, und die Korallenfischer behaupten sogar in 150 Brasses oder 244 Meter.

Endlich bemerkt er, dafs die von Ellis bei Grönland aus einer Tiefe von 420 Meter herausgefischte Madrepore eine freie Madrepore mit hornigem Fufs gewesen sey.

lichen Wirbeln in die Luft erheben. Am Fuſse dieser Hügel befinden sich die Fabrikgebäude. Solcher Fabriken trifft man daselbst, in Abständen von ein bis zwei Kilometern, neun an; sie heiſsen Larderello, Monte Cerboli, San-Federigo, Castel-nuovo, Sasso, Monte-rotondo, Lustignano, Serrazzano und Lago. In diesen Anstalten, wo man (jährlich) 80 Millionen Kilogrm. (Wasser) verdampft und 750 000 Kilogrm. krystallisirter Säure gewinnt, erblickt man weder Maschinen noch Brennmaterial; alles ist das Werk der Suffioni!

Lange Zeit setzten sich dieser Industrie groſse Schwierigkeiten in den Weg, bis es Hrn. Larderelle gelang eine der bedeutendsten zu überwinden, die kostbare Holzfeuerung durch Anwendung der überall im reichlichen Maaſse aus den Boden hervordringenden Dämpfe zu ersetzen.

Bevor ich das gegenwärtige Fabrikationsverfahren beschreibe, die wahrscheinliche Theorie desselben auseinandersetze und die möglichen Verbesserungen angebe, will ich die Resultate meiner Untersuchungen über die Natur der Gase und der von ihnen in die Lagoni geführten Substanzen beschreiben.

Folgendes ist der Apparat, der uns gelang über eine der Mündungen der Suffioni aufzustellen, um die Gase aufzufangen.

Er bestand: 1) aus einem Bleicylinder *A* (Fig. 16 Taf. I) von 8 Millim. Wanddicke [1]); 2) eine Röhre *B* mit Hahn, die anfangs dazu diente durch einen groſsen Ueberschuſs von Dampf die Luft auszutreiben, und die dann, verschlossen, mit einer hölzernen Tonne *C* verbunden ward. Letztere hatte unten einen Krahn *D* und

1) Ungeachtet seines Gewichts und der Belastung mit Bohlen und Steinblöcken wurde dieser Cylinder zwei Mal von dem Dampfe gehoben. Eine Art Einklammerung und eine stärkere Belastung hielten ihn kaum während der Dauer eines Versuches fest, als ein Einsinken des Bodens und ein Gewitter-Regen bald noch geschadet hätte.

gemeinschaftete durch Röhren mit einer Flasche *e* und zwei grofsen Liebig'schen Apparaten, von denen der eine *f* eine Lösung von Aetzkali und der andere *g* Schwefelsäure enthielt; dieser mündete in ein zweites Holzfäfschen *H*, das einen Hahn *i* besafs und voll Wasser war.

Das erste Fäfschen *C* wurde auch mit Wasser gefüllt und dann durch *D* abgelassen, während man durch den Hahn *B* gemach Dampf einströmen liefs. Als auch Dampf durch den Hahn *D* austrat, schlofs man diesen, worauf die Gase, geregelt durch die Oeffnung der Hähne *B* und *i*, gleichmäfsig in die übrigen Theile des Appates eintraten.

Aus dem letzten Fäfschen wurden nun drei Flaschen mit Gas herausgenommen, indem man in den oberen Boden eine Röhre *j* steckte, die in eine mit Wasser gefüllte Flasche führte, welche zum Abfliefsen dieses Wassers mit einer zweiten Röhre *K* versehen war.

Die nicht geradezu verdichteten Producte wurden sonach theils von den Lösungen in den Kugelröhren, theils von den mit den Gasen der letzten Tonne gefüllten Flaschen zurückgehalten. Ihre Analyse oder die der in dem ersten Fäfschen oder den Lagoni aufgefangenen Flüssigkeiten gab:

Nicht verdichtete Gase	Kohlensäure	57,30	100
	Stickstoff	34,81	
	Sauerstoff	6,57	
	Schwefelsäure	1,32	

Die verdichtbaren Producte oder die von den Dampfströmen fortgerissenen Substanzen sind veränderlich, bestehen gewöhnlich aus Wasser, Thon, Sulfaten von Kalk, Ammoniak, Thonerde und Eisen, aus Chlorwasserstoffsäure, aus organischen Substanzen von Fischgeruch (*odeur de marée*) und endlich aus ein wenig oder keiner Borsäure. Allemal, wo sie enge Spalten oder poröse Körper durchdringen, setzen sie Schwefel ab.

Die Temperatur dieser Dämpfe, bestimmt mittelst ei-

nes Ausflufsthermometers, das in mehre Ausmündungen der Suffioni gesteckt wurde, ging von 97 bis 100° C.

Ungeachtet aller Sorgfalt dürfen ohne Zweifel die Resultate von Operationen, welche die Kenntnifs der Localitäten uns gegenwärtig besser einrichten lassen würde, nicht auf volle Genauigkeit Anspruch machen. Vergleicht man indefs diese ersten Angaben mit den folgenden Beobachtungen, so wird man von der Entstehung der Borsäure eine wahrscheinliche Theorie aufstellen können.

Diese Säure kann nicht erhalten werden, wenn man in sehr weiten und sehr langen Röhren selbst die Dämpfe der Suffioni verdichtet. Soll sie gewonnen werden, so müssen die Mündungen dieser unmittelbar von der Flüssigkeit der Bassins bedeckt seyn. Oft bemerkt man, dafs ein Theil des Wassers, welches im Moment absorbirt wird, wo man diese Lagoni füllt, mit den Dampfstrahlen wieder fortgeführt wird.

Sonach scheint die Ursache der Gasströme und die Temperaturerhöhung seit langen Jahren constant zu seyn, während die Erzeugung oder wenigstens die Ankunft der Borsäure an der Oberfläche des Bodens der Einführung des Wassers in die Suffioni untergeordnet seyn würde.

Wenn Meerwasser durch eine Spalte bis zu grofser Tiefe eindränge, daselbst auf eine sehr hohe Temperatur gebracht würde und es in den Suffioni einen Ausgang für die Dämpfe fände, so würden sich alle diese Erscheinungen erklären. Denn wenn der Dampf, gemengt mit fortgeschleudertem Wasser, über Ablagerungen von Borsäure ginge, würde er diese mit fortreifsen und durch die Reaction seiner eignen organischen Materie auf die Sulfate, welche es enthält, würden sich Sulfure bilden, aus denen die Borsäure Schwefelwasserstoff austriebe.

Diese Thatsachen gestatten auch eine mehr chemische Erklärung.

Gesetzt nämlich, mit Dumas, eine in sehr grofser Tiefe befindliche Ablagerung von Schwefelbor werde vom

Meerwasser erreicht, so würde eine lebhafte Reaction eintreten; es würden Borsäure und Schwefelwasserstoff und eine hohe Temperatur entstehen, die diese Producte, die aus der Zersetzung von Erd-Chlorüren entspringende Chlorwasserstoffsäure und das aus organischen Materien gebildete Ammoniak mit dem Wasser fortführte. Wenn die Reaction wenig entfernt von einer Kalkmasse vor sich ginge, so würde die vom Dampfstrom fortgeführte Borsäure den kohlensauren Kalk zersetzen und die Kohlensäure sich in aequivalenter Menge den übrigen Gasen hinzufügen; in einer gewissen Entfernung könnte die sublimirte Borsäure Ablagerungen bilden, und je nachdem das Wasser der Lagoni bis zu diesem Punkt herabsänke oder nicht, würde der Strom abermals Borsäure mit fortführen oder nicht.

Die vom Meerwasser gelieferte oder vielmehr von den in Bewegung begriffenen Gasen herbeigerufene Luft dränge in die Spalten des Bodens ein, und bewirkte, in Gegenwart des Schwefelwasserstoffgases, die Bildung der Schwefelsäure. Diese ihrerseits bildete Sulfate von Kalk, Ammoniak, Thonerde und Eisen, indem sie den Kalk dem Kalkstein, das Ammoniak den Dämpfen, die Thonerde und das Eisen dem Thone entzöge. Die Bildung oder Lösung dieser Salze in den Gewässern nahe an der Oberfläche des Bodens erklären die Auflockerung dieses. Der Schwefel und etwas Sauerstoff, welche die verschiedenen in den Suffioni und den schlammigen Wässern der Lagoni enthaltenen Substanzen begleiten, würden eine Folge der zufälligen Eindringung von Luft seyn [1]).

Die in den neuen Fabriken getroffenen Einrichtungen

1) Vielleicht hätte eine andere Ursache grofsen Einfluſs auf die Bildung der Borsäure, nämlich die Reaction der Schwefelsäure, falls sie unter den Massen des aufgelockerten Bodens reichlich da wäre, auf den ursprünglich gebildeten borsauren Kalk. Vielleicht gelänge es mittelst Bohrversuche und zweckmäſsig geleiteter Analysen einige dieser Niederlagen von borsauren Kalk zu entdecken.

sind bis auf geringe Abweichungen gleich. Sie bestehen darin, dafs man ringsum jeden Mittelpunkt von Irruptionen, wo zwei oder mehre starke Suffioni hervordringen, Becken aufmauert und mit Letten ausstreicht, darauf in das oberste dieser Becken oder Lagoni *A* (Fig. 17 Taf. I) das Wasser benachbarter Quellen leitet. Nachdem dieſs Wasser 24 Stunden darin verweilt hat, und durch die Dampfströme beständig durch einander gerührt worden, zieht man von einer Röhre *o* den Zapfen ab und läfst sämmtliche Flüssigkeit durch eine Rinne (vergröſsert in *mn* der Figur) in das nächst untere Becken *B* fliefsen, wo sie eine gleiche Zeit bleibt, um sich etwas mehr mit Borsäure und den begleitenden Substanzen zu beladen. So fährt man fort die Lösung nach einander in die Lagoni *C*, *D* zu leiten, und ersetzt zugleich die aus einem Bekken ausgeflossene Flüssigkeit durch die, welche in einem höher gelegenen enthalten ist [1]).

Die concentrirteste Lösung der letzten Lagoni *D* wird in einem Behälter, von 6 Meter im Quadrat und 1 Meter Höhe, *Vasque* genannt, abgelassen, wo sie 24 Stunden bleibt, um den gröſsten Theil des Schlammes abzusetzen.

Die darüber schwimmende Flüssigkeit wird abgelassen, entweder in einen zweiten Behälter (*vasque*) *F* oder direct in zwei Reihen (Batterien), jede von sieben Bleipfannen *G*, *G*, die 2,9 Met. in Quadrat auf 0,35 Met. Tiefe halten, und mittelst starker Holzsparren auf einem stufenförmigen Mauerwerk ruhen, welches den Dampf einiger Suffioni in *H* eintreten läfst, um frei unter die stufenweise stehenden Pfannen (*caldaï*) aufzusteigen, bis oben der Ueberschufs frei, aufserhalb des Gebäudes, entweicht. In den Behältern (*vasque*) zeigt die Lösung der Borsäure gewöhnlich 1° bis 1°,5 Baumé.

1) Alle Versuche, durch Verdichtung der Dämpfe in den Röhrenleitungen, die Borsäure direct zu erhalten, waren unfruchtbar; man gewann nur ein saures Wasser, das keine Borsäure enthielt.

Die ersten vier Pfannen jeder Doppelreihe füllt man damit, indem man durch den oberen Zapfen *p* die klare Flüssigkeit abzieht.

Nach Verlauf von 24 Stunden, nach welchen die Flüssigkeit etwa auf die Hälfte ihres Volums gebracht ist, leitet man sie mittelst Heber *i* in die beiden nächsten Pfannen jeder Reihe, und ersetzt sie durch neue aus dem Vasque. Vier und zwanzig Stunden später, da die Lösung wiederum auf das halbe Volum abgedampft ist, zieht man sie mittelst Heber in die letzte Pfanne jeder Reihe, während man die oberen wie zuvor auf's Neue füllt. Die Abdampfung in diesen beiden letzten Pfannen dauert noch 24 Stunden. Man gießt in sie noch die Mutterlauge einer früheren Krystallisation. Das Gemenge zeigt alsdann 10° bis 11° B. bei 78° bis 85° C. Hierauf zieht man die Lösung ab und bringt sie in die Krystallisirgefäfse *A* (Fig. 18 Taf. I), nämlich hölzerne mit Blei gefütterte Kübel, von 0,78 Met. Durchmesser auf 1 Met. Höhe.

Das Product einer 72stündigen Abdampfung, jeden Tag aus einer Batterie von 14 Pfannen genommen, giebt durch Krystallisation 90 Kilogrm. verkäuflicher Borsäure. Während der Abdampfung bilden sich reichliche Absätze von schwefelsaurem Kalk, die man aus den Pfannen herausstöfst.

Sobald die Krystallisation beendigt ist, läfst man die Mutterlauge ab, um sie in die letzten Abdampfpfannen zu füllen. Man bringt die Säure in die Körbe *C*, läfst sie dort austropfen, und bringt sie dann in die Trockenkammer *D*, wo man sie in eine 8 Centimeter dicke Schicht ausbreitet, und von Zeit zu Zeit mit der Schaufel umsticht. Wenn sie, in die Hand genommen, die Haut nicht mehr befeuchtet, bringt man sie in Haufen, und verführt sie in Säcken nach Pomerance, von wo man sie in Fässer verpackt und weiter nach Livorno versendet.

Die Trockenkammer aus Ziegel erbaut, hat einen doppelten Boden, zwischen denen der Dampf einer Suffioni circulirt.

Die verschiedenen Fabriken enthalten von einer bis fünf Batterien von 14 bis 16 Pfannen und von drei bis 35 Lagoni, jede. In der Fabrik von Larderello, der bedeutendsten von allen, giebt es 84 Abdampfpfannen.

Die gröfsten, unregelmäfsig runden Lagoni haben 15 bis 20 Meter Durchmesser und die kleinsten 4 bis 5. Ihre Tiefe geht von 1,5 bis 2,5 Meter. Die Flüssigkeit erlangt darin eine Temperatur von 93° bis 95° C.

Die Operationen dieser Fabriken greifen vollkommen in einander ein. Unglücklicherweise wächst die Unreinheit der Säure von Jahr zu Jahr; vielleicht rührt dieſs her von einer fortschreitenden Veränderung des durch die Dampfströmung zerrütteten Bodens und von den Infiltrationen der Gewässer [1]). Die ersten Producte enthielten 90 bis 92 Procent reiner krystallisirter Säure; gegenwärtig enthalten sie 18 bis 25 Procent fremdartiger Substanzen.

Diese Unreinigkeiten schaden manchen Anwendungen; sie erhöhen unnützerweise die Transportkosten. Man würde sie entfernen, wenn man die ausgetropfte Säure stark auspreſste, das Product methodisch auswüsche und die Mutterlaugen für sich behandelte, die, zur Benutzung, Alaun, und, zum Fortwerfen, Rückstände von Gyps, Thon u. s. w. liefern würden.

Dafs man das Maximum der Ausbeute schon erreicht

1) Das Geschäft der Arbeiter ist nicht ohne Gefahr. Genöthigt die Lagoni zu füllen und zu leeren, die häufigen Beschädigungen an dem Mauerwerk und den Leitungsröhren auszubessern, auf einem aufgelockerten, unaufhörlich sich verändernden Boden, geschieht es oft, dafs dieser unter ihren Füfsen einsinkt und sie durch den Dampf und die siedenden Wässer mehr oder weniger schwere Brandwunden erhalten. Bei unserem Besuch der Lagoni wäre Hr. Brugnelli beinahe ein Opfer eines solchen Unfalls geworden.

reicht habe, ist nicht wahrscheinlich. Um sich davon zu überzeugen und die günstigen Bedingungen zu einem gröfseren Ertrage aufzufinden, müfste man untersuchen, ob es zugängliche Niederlagen von borsaurem Kalk gebe, und die Wässer der Lagoni, nachdem sie eine bestimmte Zeit mit den Dämpfen in Berührung gewesen sind, oft analysiren. So würde man finden, welche Proportionen von Säure den verschiedeneren Umständen entsprächen. Vielleicht würde ein öfteres Aufschütten von kaltem Wasser auf die trocken gelegten Suffioni günstig seyn für eine reichlichere Gewinnung der in den unterirdischen Niederlagen enthaltenen Säure.

IX. *Ueber das allgemeine galvanometrische Gesetz; von J. C. Poggendorff.*

(Eine am 28. Nov. d. J. in der Acad. vorgetragene Notiz.)

Aus dem, was ich in einer früher der Klasse gemachten Mittheilung gezeigt habe [1]), geht hervor, dafs für alle galvanometrischen Instrumente, bei denen das Drahtgewinde oder, allgemein gesprochen, der vom Strom zu durchlaufende Leiter unverrückt im magnetischen Meridian gehalten wird, wie übrigens dieser Leiter auch gestaltet seyn möge, die Beziehung zwischen der Stromstärke i und der Ablenkung n der Magnetnadel ganz allgemein und streng zum Ausdruck hat:

$$i = \frac{\sin n}{\sin(n+m)},$$

worin m eine Function von n ist, zwar von unbekannter Form, aber solcher Beschaffenheit, dafs sich die zusammengehörigen Werthe von m und n für jedes indi-

1) S. Annal. Bd. LVI S. 324.

viduelle Instrument experimentell bestimmen lassen, sobald das Drahtgewinde oder der Stromleiter um eine senkrechte Axe drehbar ist.

Es ist klar, dafs, wenn diefs Gesetz ein allgemeines ist, es auch noch für den Fall gültig seyn mufs, wo, vermöge der Gestalt des Drahtgewindes u. s. w., die Stromstärke auch blofs durch eine einfache Function der Ablenkung ausgedrückt werden kann. In einem solchen Falle nun läfst sich die Form der m und n verknüpfenden Function theoretisch angeben, und dadurch ist man zugleich im Stande zu prüfen, ob das Instrument der Function zwischen i und n, für welche es construirt worden ist, wirklich in aller Strenge und für den ganzen Umfang des Quadranten Genüge leistet.

Soll z. B. die Stromstärke proportional seyn der Tangente des Ablenkungswinkels, so mufs man nach dem eben Gesagten offenbar setzen können:

$$\frac{\sin n}{\sin (n+m)} = a . tang\, n.$$

Daraus fliefst die Relation:

$$tang\, n = \frac{\frac{1}{a} - \sin m}{\cos m}$$

und diese mufs vom Instrument erfüllt werden, wenn es wirklich eine Tangentenbussole seyn soll.

Ob dem so sey, läfst sich nur ermitteln, wenn der Stromleiter oder das Drahtgewinde um eine senkrechte Axe drehbar ist, und beobachtet wird, ob bei einer und derselben Stromstärke die entsprechenden Werthe von m und n, d. h. der Winkel des magnetischen Meridians und der Nadel gegen das Gewinde, für alle Stellungen dieses letzteren, der zweiten Gleichung Genüge leisten. Hieraus wird die Zweckmäfsigkeit, ja Nothwendigkeit, hervorleuchten, allen dergleichen Instrumenten, z. B. der gewöhnlichen Tangentenbussole, dem von W. Weber zur Messung absoluter Stromstärken angegebenen Instru-

ment u. s. w., eine Drehbarkeit um eine senkrechte Axe zu verleihen, zumal damit der Vortheil verknüpft ist, sie auch als Sinusbussole gebrauchen zu können, wodurch ihre directen Angaben zwar an Umfang verlieren, dafür aber auch an Genauigkeit und Zuverlässigkeit gewinnen.

X. *Notizen.*

1) ***Regen ohne Wolken.*** — Am 2. Mai d. J. 9 Uhr Abends, bei vollkommen reinem, dunkelblauem oder vielmehr schwarzem Himmel, ruhiger Luft, und einem, was selten ist für Paris, im Westen ganz dunstlosen Horizont, begegnete es Hrn. Babinet, dafs ihm während eines Ganges vom Platz des Instituts bis zu den Tuilerien, etwa 10 Minuten lang, ein sehr feiner und sehr kalter Regen in's Gesicht schlug, der indefs nicht den Boden erreichte, daher auch eine ihn begleitende Person die Erscheinung nicht für einen wahren Regen gelten lassen wollte. Dann setzt er hinzu, die Sterne funkelten nicht im Mindesten. Etwas später beobachtete ich die Sterne σ und τ des Schwans, welche mit dem berühmten No. 61 ein gleichschenkliches Dreieck bilden, und dadurch zur Auffindung dieses letzteren dienen. Den Stern No. 61 selbst konnte ich aber nicht entdecken, obgleich der Glanz der beiden andern anzudeuten schien, dafs der Himmel dazu hinlänglich klar sey. Der Grund davon war der gänzliche Mangel des Funkelns; denn nach Hrn. Arago's so glücklicher Theorie dieses Phänomens mufs dabei der Glanz eines Sterns abwechselnd stärker und schwächer seyn als er ohne Funkeln seyn würde. Die *stete Unsichtbarkeit* schwach glänzender Sterne ist also eine Anzeige gänzlicher Ruhe der Luft. Ich zweifle nicht, dafs man beim Vergleiche der Sichtbarkeits Intermittenzen kleiner Sterne mit den Angaben des Arago'-

schen Apparats zur Messung des Funkelns eine volle Bestätigung des neuen meteorologischen Satzes finden würde: *dafs die stete Unsichtbarkeit der Sterne fünfter und sechster Gröfse, bei beständiger Sichtbarkeit der von vierter, eine grofse Ruhe der Luft in der ganzen Höhe der Atmosphäre beweist.* (*Compt. rend. T. XIV p.* 766.)

2) *Ueber Ebbe und Fluth im Golf von Neapel.* — Hr. Antonio Nobile hat im Auftrage der Academie zu Neapel die Oscillationen des Meeres daselbst in den Monaten September, October, November, December 1840, Januar, Juli, August 1841 stündlich beobachten lassen, und zwar in dem kleinen Angelhause des Pallastes Cirelli von Santa Lucia, einem Orte, der nur durch zwei enge Oeffnungen mit dem Meer in Gemeinschaft steht, so dafs die grofsen, vom Winde verursachten Bewegungen, wenn sie daselbst merkbar sind, doch wenigstens sehr geschwächt erscheinen. Der Nullpunkt der Skale, an welcher die Wasserstände abgelesen wurden, ergab sich durch ein sorgfältiges Nivellement als 8,2878 Meter unter dem Fufsboden des grofsen Saals im ersten Stock des Pallastes Cirelli liegend. Die Resultate dieser Beobachtungen sind folgende:

1) Ungeachtet der grofsen atmosphärischen Schwankungen treten die Fluthungen des Meeres immer deutlich hervor. Die Springfluthen (*marées maxima*) finden ein oder zwei Tage nach der Syzygie statt.

2) Der mittlere Wasserstand entspricht $0^m,601$ der Skale, liegt also $7^m,6868$ unter dem Fufsboden des grofsen Saals im Pallast Cirelli.

3) Die Einheit der Höhe ist $0^m,180$.

4) Die Hafenzeit von Neapel (*Etablissement du Port*, d. h. der Eintritt der vollen Fluth nach dem Meridiandurchgang des Neumonds (*P.*)) ist $9^h\ 42'$ Abends. Für den *mittleren Wasserstand bei verschiedenen Winden* fand Hr. N. folgende Resultate:

WSW.	$=0^m,6817$	SSO.	$=0,6457$	ONO.	$=0,5821$	O.	$=0,5167$
SSW.	$=0\ ,6702$	OSO.	$=0,6230$	SO.	$=0,5721$	Stille	$=0,4909$
W.	$=0\ ,6662$	WNW.	$=0,6080$	NO.	$=0,5765$?	N.	$=0,4785$
SW.	$=0\ ,6519$	S.	$=0,6056$	NW.	$=0,5457$	NNO.	$=0,4583$

Der höchste Wasserstand tritt also ein bei WSW., der niedrigste bei NNO.; dasselbe geschieht an der ganzen Westküste des Königreichs Neapel (*Compt. rend. T. XV p.* 566. — Vergl. Hällström in dies. Annal. Bd. LVI S. 626. — In demselben Bande d. *Compt. rend. p.* 563 giebt auch Hr. Chazalon Beobachtungen über Ebbe und Fluth zu *Toulon*, während der Syzygien i. J. 1841 angestellt, aus welchen das Daseyn des Phänomens daselbst ebenfalls deutlich hervorgeht. So fand er z. B. am 18. Aug.

3^h	40′	die	Ebbe	705	Millm. Wasserstand
8	20	-	Fluth	892	- - -
15	0	-	Ebbe	727	- - -
21	0	-	Fluth	1000	- - -

Die Stunden sind von Mitternacht gezählt; der mittlere Wasserstand entspricht 870 Millm. der Skale. Die Abendfluth war also höher als die Morgenfluth, und so fand er es immer. (Windes-Richtung ist nicht angegeben.)

3) *Mittlere Dichtigkeit der Erde.* — Cavendish fand sie $=5,48$, Reich $=5,44$, und kürzlich Baily $=5,67$ [1]). Welche dieser Angaben kommt der Wahrheit am nächsten? — Wir wagen nicht diese Frage zu beantworten, möchten dagegen die folgende aufwerfen: Kann überhaupt die Mitteldichte der Erde genau bestimmt werden? — Wir stehen nicht an, darauf mit Nein zu erwiedern. So wenig, streng genommen, die allgemeine Gestalt der Erde ermittelt werden kann, sobald sie nicht die eines Sphäroïdes ist, so wenig läfst sich die mittlere Dichtigkeit unseres Planeten genau bestimmen, sobald derselbe nicht schon eine gleichförmige Dichte besitzt. Die Voraussetzung einer Gleichförmigkeit der Dichte bil-

1) Siehe S. 453 dieses Bandes.

det die Grundlage, auf welcher aus den Versuchen mit der Torsionswage, wie aus denen mit dem Pendel, die Resultate hergeleitet werden; sie ist aber bekanntlich unrichtig, und eine andere aufzustellen sind wir in unserer Unkunde über die Zunahme der Dichte mit der Tiefe bisher nicht vermögend gewesen. Vielleicht wird es in der Zukunft gelingen; bis dahin können aber nothwendig alle Bestimmungen der mittleren Dichte des Erdkörpers, wie sorgfältig sie auch von experimenteller Seite ausgeführt seyn mögen, nur ungewisse Annäherungen zur Wahrheit liefern. (*P.*)

4) *Optische Constanten*, von Miller bestimmt. — *Turmalin*, ein Prisma aus einem farblosen Krystall, das zwar nicht die dunklen Linien im Spectrum, wohl aber die helle Linie in der Alkoholflamme sehen liefs, gab $a=1{,}6366$; $b=1{,}6193$. Ein Scheibchen, senkrecht auf der Axe, 0,68 Zoll dick, gab in Luft den Durchmesse des dunkelsten Theils des ersten Ringes $=7°\ 30'$. Fü den hellsten Theil des Sonnenspectrums gaben der *Dioptas* $a=1{,}667$; $b=1{,}723$ und der *Anatas* $a=2{,}554$; $b=2{,}493$; a ist der Brechungsindex des ordentlichen Strahls aus Luft in den Krystall; b dagegen die Geschwindigkeit des Lichts in der Luft dividirt durch die im Krystall für den aufserordentlichen Strahl senkrecht auf der Axe. Beim farbigen Turmalin kann, wegen der Absorption des aufserordentlichen Strahls, b bekanntlich nicht bestimmt werden. (*Phil. Mag. Vol. XXI p.* 277.)

Berichtigungen.

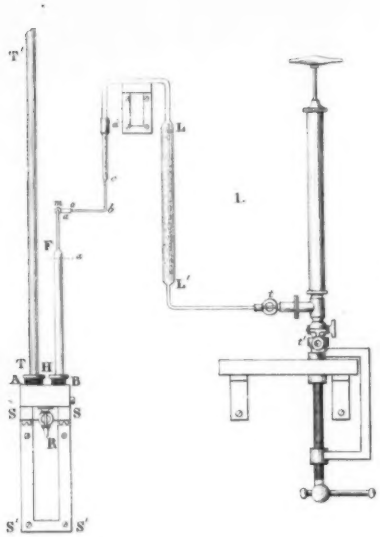
Zum Band LVI, Aufsatz von G. Rose:

Seite 617 Zeile 7 von unten lies unausgebildeten statt ausgebildeten.
— 620 — 9 von oben l. Oligoklaskrystalle st. Albitkrystalle.
— 620 — 13 von ob. Oligoklas st. Albit.
— 621 — 18 von unt. tombakbraun st. schneeweifs.

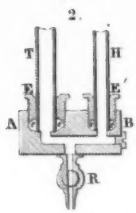
Zum gegenwärtigen Bande:

Seite 34 Zeile 11 von unten lies Elektricität statt Elasticität.
— 266 — 19 von oben l. traubensaures st. traubenförmiges, und dann 25,01 Kali st. 26,01 Kali.
— 266 — 23 von oben fehlt 34,26 vor *Alkalien*.

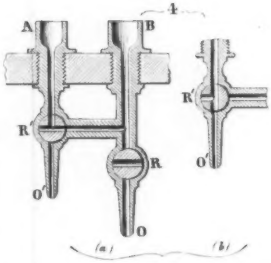
mit
die
un-
erer
Tiefe
s in
ven-
kör-
Seite
zur
t. —
das
aber
gab
t auf
esse
Fü
Diop-
,554;
ichen
Ge-
h die
recht
r Ab-
nicht
)
en.
nd dann



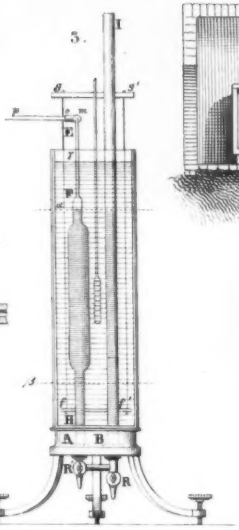
1.



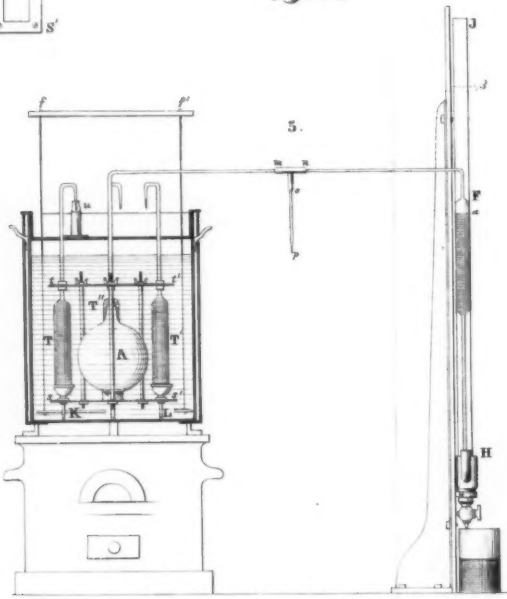
2.



4.

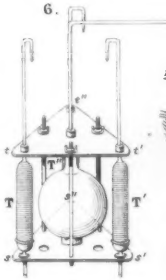


3.

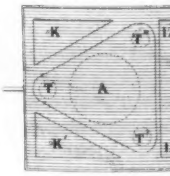


5.

8.

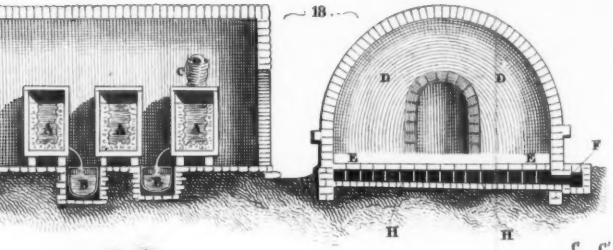


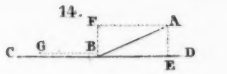
6.

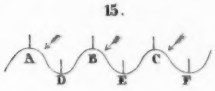


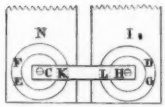
7.

Guiraud sc.

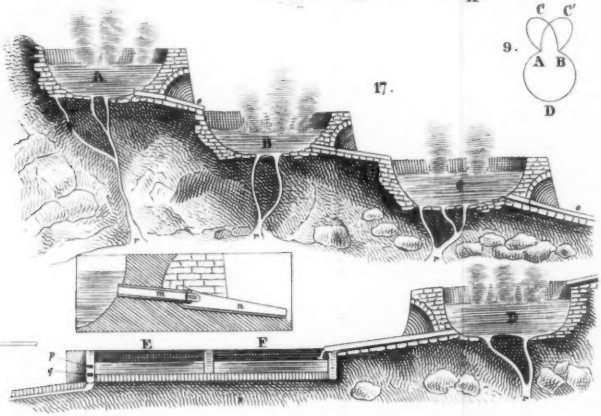

18.
A
A
A
C
B
B
D
D
E
E
F
H
H

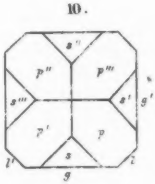

14.
F
A
C
G
B
D
E

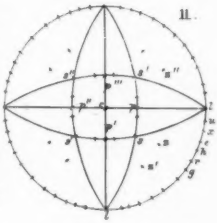

15.
A
B
C
D
E
F

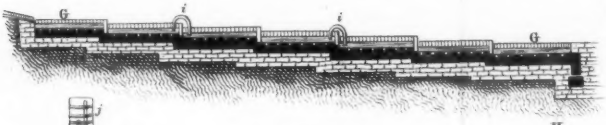

8.b.
N
I
K
L
H

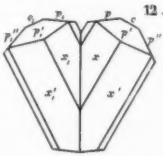
9.
C
C'
A
B
D

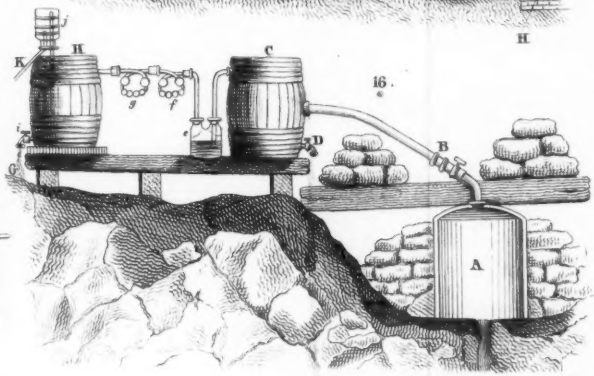

17.
A
B
E
F
D

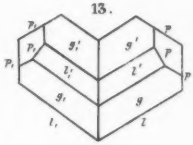

10.

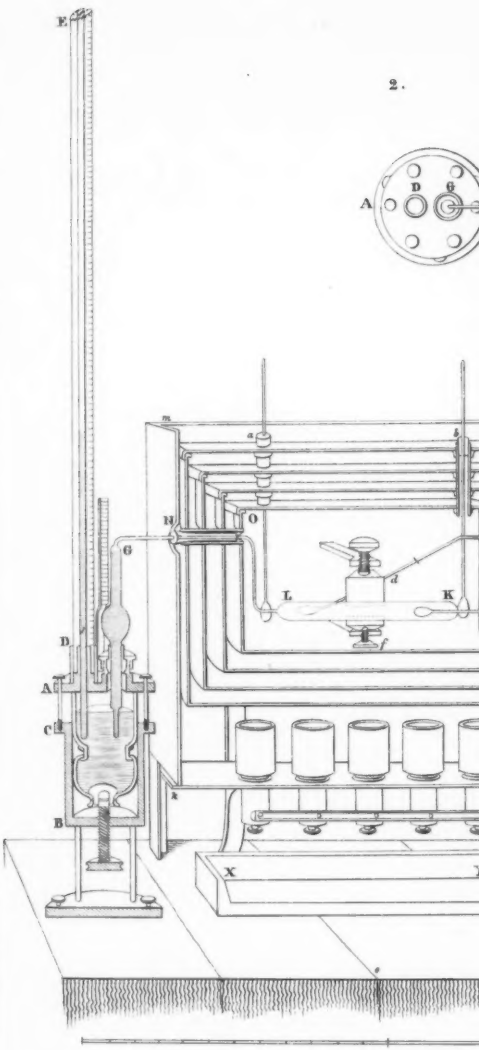

11.


G
G
H

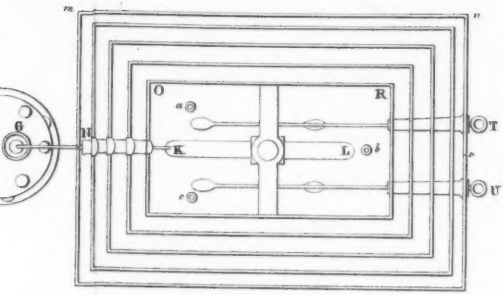

12.

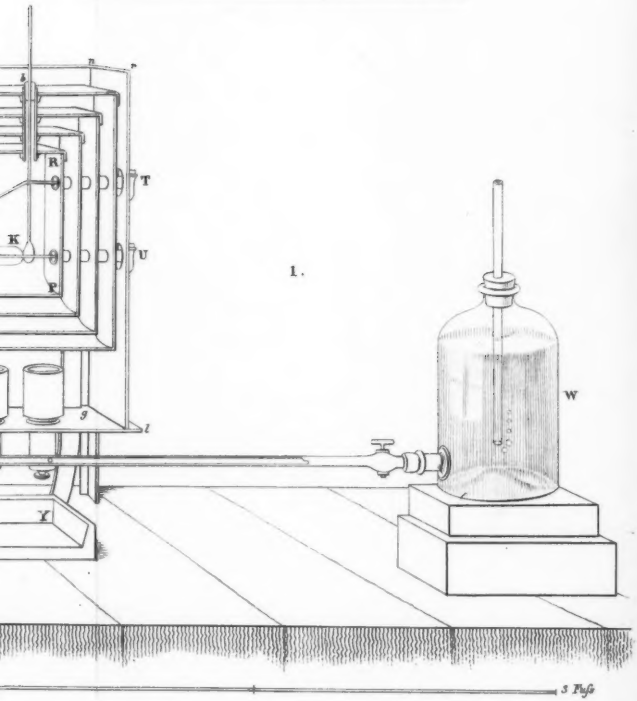

16.
H
C
K
D
B
A


13.

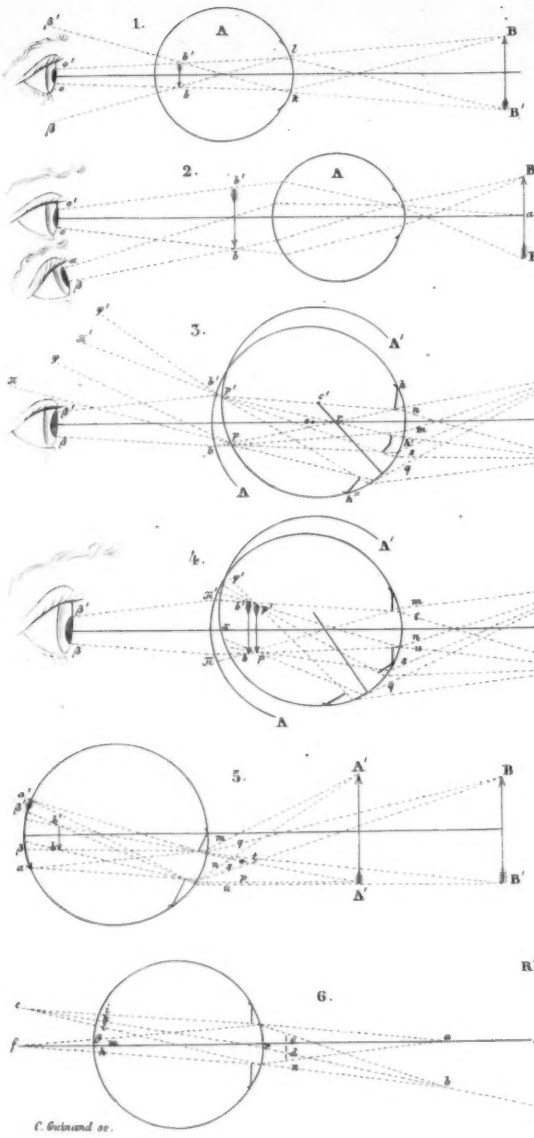


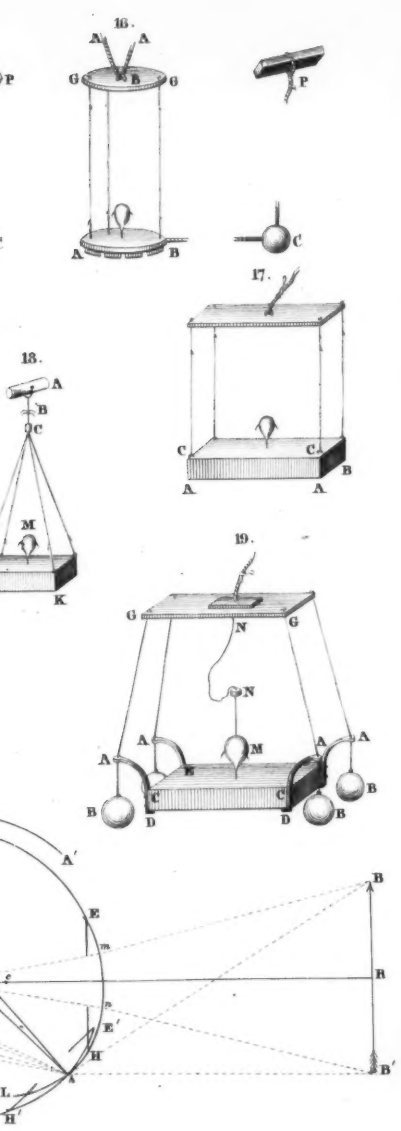
Guimard sc.

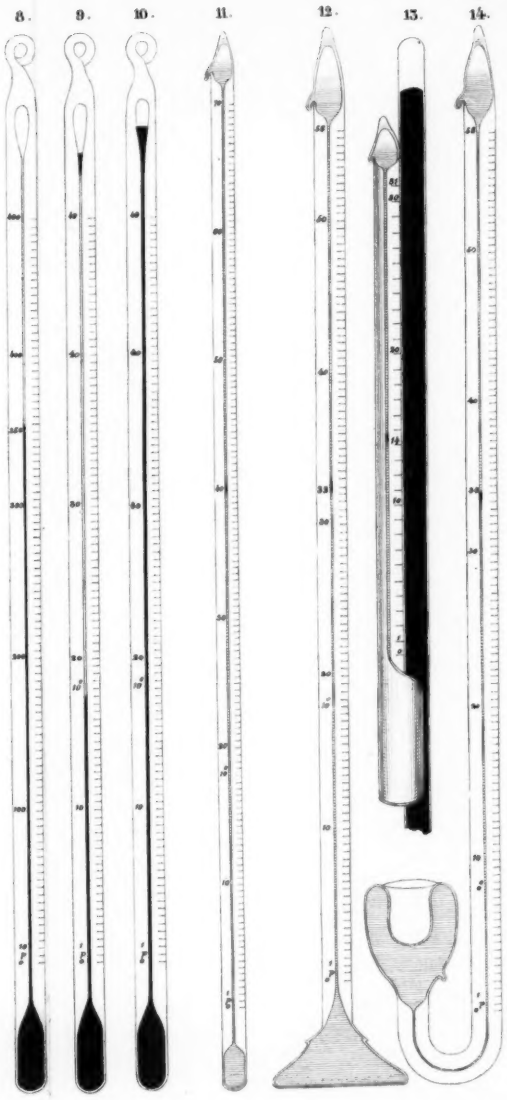




1.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
15.
18.
20.
C. Guinand sc.


16.
17.
18.
19.
A
B
C
G
M
N
K
D
E
H
L


8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.